



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS CALORIMÉTRICO Y DE ESTIMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ENERGÍA BRUTA EN OCHO SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS.”

TIPO: INVESTIGACIÓN

Trabajo de titulación para optar por el título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ANGÉLICA LIZETH CHUGÑAY CARGUA

TUTOR: DR. JUAN MARCELO RAMOS

Riobamba- Ecuador

2016

© **2016**, Angélica Lizeth Chugñay Cargua

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación de Investigación certifica que: la investigación: COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS CALORIMÉTRICO Y DE ESTIMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ENERGÍA BRUTA EN OCHO SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS, de responsabilidad de la señorita Angélica Lizeth Chugñay Cargua, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

DIRECTOR

TRABAJO DE TITULACIÓN

ASESOR

TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angélica Lizeth Chugñay Cargua soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ANGÉLICA LIZETH CHUGÑAY CARGUA

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Titulación está dedicado en primer lugar a Dios, por su fidelidad e inmenso amor demostrado en cada circunstancia de mi vida, a mi hermosa y bendecida familia por confiar en mí y en mi capacidad intelectual, a mis profesores que me alentaron e instruyeron en mi etapa estudiantil y a todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron para la culminación de la carrera.

Angélica

AGRADECIMIENTO

Expreso un sincero agradecimiento a Dios por mi vida y todo lo que ha hecho posible para culminar mi formación profesional, a mi madre Olga Lucía Cargua por ser el pilar fundamental, la amiga constante que alentó y bendijo cada paso que di, a mi padre Francisco Marcelo Chugñay por ayudarme en todo y darme la fortaleza necesaria en lo que hacía, a mis hermanos por su apoyo incondicional mis amigos eternos de vida, al Dr. Juan Marcelo Ramos por su paciencia y participación en la culminación del trabajo de Titulación, a la Ing. Mónica Andrade por sus enseñanzas y lecciones de vida que compartió conmigo , por mostrarse más que una profesora una amiga.

Angélica

TABLA DE CONTENIDOS

Páginas

TABLA DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xii
SUMARY.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	4
2.2. MARCO CONCEPTUAL	13
2.2.1. <i>Energía</i>	13
2.2.1.1. Formas de energía	13
2.2.2. <i>Energía Bruta</i>	14
2.2.3. <i>Primera Ley de Termodinámica y Energía Bruta</i>	15
2.2.4. <i>Predicción de la Energía Bruta</i>	16
2.2.4.1. Método Calorimétrico	16
2.2.4.2. Método de Estimación Matemática.....	16
2.2.5. <i>Análisis Químico Proximal</i>	17
2.2.5.1. Humedad.....	17
2.2.5.2. Cenizas.....	17
2.2.5.3. Proteína	18
2.2.5.4. Extracto Etéreo (Grasa neutra, grasa cruda).....	18
2.2.5.5. Fibra.....	18
2.2.6. <i>Análisis de Datos Cuantitativos</i>	18
2.2.6.1. Medidas de variabilidad	18
2.2.6.2. Medidas de Estadística Descriptiva.....	19
2.2.6.3. Análisis Estadístico Inferencial.....	19
2.2.7. <i>Pruebas de Normalidad</i>	20
2.2.7.1. Prueba de Anderson- Darling.....	20
2.2.7.2. Prueba de Kolmogorov- Smirnov	20
2.2.7.3. Prueba de normalidad de Ryan- Joiner:	20
2.2.8. <i>Análisis Paramétricos</i>	21
2.2.8.1. Prueba t	21
2.2.8.2. Test de Welch	22
2.2.9. <i>Subproductos del Ecuador</i>	22
2.2.9.1. Tronco de brócoli.....	22
2.2.9.2. Hoja de zanahoria	22
2.2.9.3. Chaqui Sara.....	23
2.2.9.4. Hoja de Chocho.....	23
2.2.9.5. Hoja de Maíz.....	23
2.2.9.6. Polvillo de quinua	24
2.2.9.7. Hoja de Camote.....	24
2.2.9.8. Hoja de plátano	24

CAPÍTULO III.....	25
3. METODOLOGÍA	25
3.1. HIPÓTESIS Y ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	25
3.1.1. Hipótesis	25
3.1.1.1. Hipótesis General.....	25
3.1.1.2. Hipótesis Específicas	25
3.1.2. Especificación de las variables.....	25
3.1.2.1. Hipótesis específica 1.....	25
3.1.2.2. Hipótesis específica 2.....	26
3.1.2.3. Hipótesis específica 3.....	26
3.1.3. Matriz de Consistencia	27
3.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2.1. Tipo.....	28
3.2.2. Diseño de la Investigación.....	28
3.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	28
3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	28
3.5. TAMAÑO DE MUESTRA	28
3.6. SELECCIÓN DE MUESTRA	28
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
CAPÍTULO IV	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. RESULTADOS	29
4.1.1. Subproducto tronco de brócoli.....	29
4.1.2. Subproducto hoja de zanahoria.....	32
4.1.3. Subproducto Chaqui Sara	34
4.1.4. Subproducto Hoja de chocho	35
4.1.5. Subproducto Hoja de Maíz.....	37
4.1.6. Subproducto Hoja de Plátano	38
4.1.7. Subproducto Polvillo de Quinua	40
4.1.8. Subproducto Hoja de Camote	41
4.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	43
4.2.1. Subproducto Tronco de Brócoli	44
4.2.1.1. Cálculo de estadígrafos.....	45
4.2.1.2. Cálculo del test t de Welch y grados de libertad	47
4.2.2. Subproducto Hoja de Zanahoria	50
4.2.3. Subproducto Chaqui Sara	51
4.2.4. Subproducto Hoja de Chocho	53
4.2.5. Subproducto Hoja de Maíz.....	54
4.2.6. Subproducto Polvillo de Quinua	56
4.2.7. Subproducto Hoja de Camote	57
4.2.8. Subproducto Hoja de Plátano	59
4.2.9. Prueba de hipótesis para los seis casos de subproductos donde se rechaza la Ho	60
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.3.1. Análisis bromatológicos de los 8 subproductos agrícolas.....	63
4.3.2. Valores de energía bruta.....	64
4.3.3. Comparación entre los métodos.	65
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
ANEXO A: Análisi proximal	
ANEXO B: Determinación de energía bruta en la bomba calorimétrica	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.....	30
Tabla 2-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.....	32
Tabla 3-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.....	34
Tabla 4-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.....	35
Tabla 5-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.....	37
Tabla 6-4: Energía bruta determinada por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.....	38
Tabla 7-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.....	40
Tabla 8-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.....	41
Tabla 9-4: Estadígrafos del subproducto tronco de brócoli, tanto del método de estimación matemática y método calorimétrico	46
Tabla 10-4: Estadígrafos de los 7 subproductos agrícolas restantes.....	47
Tabla 11-4: Resultados del test t de Welch aplicado a los seis subproductos.....	62
Tabla 12-4: Resultados de sesgo.....	62
Tabla 13-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de la composición química de los subproductos.	63
Tabla 14-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de la composición química de los subproductos.	63
Tabla 15-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de energía bruta de los subproductos.....	64
Tabla 16-4: Resultados de la prueba de hipótesis estadísticamente.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1-2: Conversión de diferentes tipos de energía	14
Figura. 2-2: Esquema general de utilización de la energía por los animales.....	15
Figura. 3-2: Bomba Calorimétrica.....	16
Figura. 4-2: Procedimiento de la estadística inferencial.....	20
Figura. 5-2: Histogramas de un conjunto de datos de una distribución normal.....	21
Figura. 6-2: Tronco de brócoli.....	22
Figura. 7-2: Hojas de zanahoria.....	22
Figura. 8-2: Chaqui sara	23
Figura. 9-2: Hoja de chocho	23
Figura. 10-2: Hoja de maíz	23
Figura. 11-2: Polvillo de quinua	24
Figura. 12-2: Hoja de camote	24
Figura. 13-2: Hoja de plátano	24
Figura. 1-4: Elección del método estadístico para la comparación de dos grupos de datos. ...	243
Figura. 2-4: Elección del método estadístico para la comparación de dos grupos de datos. ...	243

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	31
Gráfico 2-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	31
Gráfico 3-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	33
Gráfico 4-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	33
Gráfico 5-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	34
Gráfico 6-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	35
Gráfico 7-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	36
Gráfico 8-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	36
Gráfico 9-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	37
Gráfico 10-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	38
Gráfico 11-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	39
Gráfico 12-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	39
Gráfico 13-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	40
Gráfico 14-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	41
Gráfico 15-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática	42
Gráfico 16-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico.....	42
Gráfico 17-4: Gráfica de caja del subproducto tronco de brócoli.....	49
Gráfico 18-4: Gráfica de caja del subproducto hoja de zanahoria.....	51
Gráfico 19-4: Gráfica de caja del subproducto Chaqui Sara.....	52
Gráfico 20-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho	54
Gráfico 21-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho	55
Gráfico 22-4: Gráfica de caja del subproducto Polvillo de Quinoa	57
Gráfico 23-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho	58
Gráfico 24-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho	60
Gráfico 25-4: Prueba de la media	61
Gráfico 26-4: Diagrama de valores de los dos métodos.	61

RESUMEN

En el presente trabajo se compararon dos métodos para determinación de energía bruta: calorimétrico, y de estimación matemática, en la determinación de energía de ocho subproductos agrícolas para establecer si existe similitud estadística o no entre éstos. Se procedió a la recolección de muestras de cada subproducto, las que se sometieron a secado y molienda; a continuación se realizó el análisis proximal requerido para aplicar el método de estimación matemática; en el método calorimétrico la energía bruta fue medida directamente utilizando la bomba calorimétrica. La normalidad de los conjuntos de datos obtenidos se analizó por pruebas de Anderson-Darling y la homogeneidad de varianzas se analizó en base a estadígrafos descriptivos (media, desviación estándar, varianza), encontrándose que todos los conjuntos presentan distribución normal con varianzas no-homogéneas; estas características llevaron a que se aplique el test t con la variación de Welch para la comparación de medias. Como resultado se determinó que, con excepción de la chaqui sara y polvillo de quinua, en el resto de subproductos (tronco de brócoli, hoja de zanahoria, hoja de chocho, hoja de maíz, hoja de camote, hoja de plátano) ambos métodos no arrojan resultados similares. Se observó que los valores obtenidos mediante método calorimétrico tendían a ser mayores que los obtenidos por el método matemático, comportamiento que se comprobó aplicando nuevamente el test t de Welch para una cola. Confirmado el sesgo, éste se determinó cuantitativamente, encontrándose que el método calorimétrico, para los subproductos estudiados, suministra valores entre un 4% y 10% más altos que los determinados por estimación matemática. Se recomienda estudios posteriores que relacionen la composición de los alimentos con el valor de sesgo entre los dos métodos.

PALABRAS CLAVE:

<QUÍMICA DE ALIMENTOS , <ENERGÍA BRUTA , <COMPARACIÓN DE MÉTODOS , <SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS , <ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL , <BOMBA CALORIMÉTRICA , <TEST T DE WELCH , <ESTADÍSTICA SESGO>

SUMMARY

In this research two methods for determining gross energy compared: calorimeter, and mathematical estimation, in determining energy of eight agricultural products to establish whether or not there is a similar statistic between them. We proceeded to the collection of samples of each product, which are subjected to drying and milling; then the proximal analysis required to implement the mathematical estimation method was performed; calorimetric method in gross energy was measured directly using the bomb calorimeter. The normality of the data sets analyzed by Anderson-Darling tests and homogeneity of variances was analyzed based on descriptive statistics (mean, standard deviation, variance), finding that all sets have normal distribution whit non-homogeneous variances; these characteristics led to the T test with Welch variation for mean comparison is applied. As a result it was determined that, except for chaqui sara and quinoa dust in other products (broccoli trunk, carrot leaf, chocho leaf, corn leaf, sweet potato leaf, banana leaf) both methods show similar results. It was observed that the values obtained by the mathematical method, behavior that was tested by applying the test T Welch again for a tail. Bias confirmed, this was quantitated, finding that the calorimetric method, for sub products studied, provides values between 4% and 10% higher than those determined by mathematical estimation. Subsequent studies linking food composition with the value of bias between the two methods is recommended.

KEYWORDS:

<FOOD CHEMISTRY , <RAW ENERGY , <COMPARISON OF METHODS , < AGRICULTURAL SUB PRODUCTS , <PROXIMAL CHEMICAL ANALYSIS , <BOMB CALORIMETER , < TEST T WELCH , < STATISTICAL BIAS >

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del Problema

El Ecuador es un país altamente ganadero y agrícola en sus tres regiones, la industria pecuaria ha ido creciendo en gran manera, en donde unos de los factores más relevantes a analizar es la alimentación de los animales. Una de las tendencias hoy en día es considerar que hay muchos recursos vegetales (alimentos) disponibles para su utilización y que hasta cierto punto no están siendo utilizados eficientemente debido al desconocimiento del valor nutricional que éstos poseen y a su vez, otra problemática radica en que no se realiza un balanceo adecuado en la formulación de raciones que contengan dichos subproductos.

La información sobre el potencial energético de los alimentos muchas de las veces es ignorada o no estudiada antes de ejecutar cualquier proyecto, lo cual traerá consigo errores. Es por eso que su determinación es vital en la valoración energética y económica. Es de anotar que la energía bruta puede ser determinada de forma simple a través de una bomba calorimétrica o a través del método de estimación matemática.

En la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se llevan a cabo proyectos de investigación enfocados en la producción de especies menores, para ello se requiere de personal técnico con conocimientos en el manejo de equipos como la bomba calorimétrica, en la que se determina la energía bruta de los alimentos; siendo este parámetro el punto de partida para la valoración nutricional y formulación de dietas.

Se dispone de dos métodos para la determinación de la energía bruta en alimentos: El método calorimétrico y el de estimación matemática. El primero consiste en hacer uso del equipo denominado “bomba calorimétrica” en el que ocurre la combustión de una muestra de alimento y el segundo conlleva aplicar una fórmula específica que opera los datos obtenidos del análisis proximal realizado a las muestras. El hecho de comparar los resultados obtenidos por éstos dos métodos permitirá identificar si existe similitud o no entre ellos; es decir, si se pueden considerar métodos equivalentes, además brindará información acerca si el equipo requiere de calibración para ser utilizado y de esta manera optar por el más rápido, económico y sencillo. Es

por ello, que este proyecto busca comparar los resultados energía bruta determinados por los dos métodos en mediciones de 8 subproductos no convencionales.

1.2. Justificación del proyecto

El presente proyecto de titulación trabajó sobre datos obtenidos en la determinación de la energía bruta mediante el método calorimétrico y el de estimación matemática, desde un punto de vista comparativo.

Para lograrlo se tomaron como referencia métodos de análisis reconocidos como los de la AOAC Internacional (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales). Además, se utilizaron instrumentos que permitieron determinar la energía bruta de una manera precisa.

El trabajo de titulación se enmarca dentro del proyecto de investigación “*Caracterización nutricional, de alimentos no convencionales del Ecuador destinados a la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) y su respuesta en el desempeño productivo y composición corporal*” en ejecución por el grupo de investigación de la Facultad de Ciencias Pecuarias, liderado por el Ing. Hernán Patricio Guevara, mismo que incluye en una de sus etapas la medición de energía bruta de subproductos no convencionales.

La relevancia de comparar los dos métodos radica en que se carece de investigaciones que analicen si éstos presentan similitud a nivel estadístico o si existen diferencias entre ellos; además no se encuentra disponible información sobre la cantidad de energía bruta que poseen los subproductos no convencionales procedentes de nuestro país como son el tronco de brócoli, hoja de zanahoria, Chaqui Sara, hoja de chocho, hoja de maíz, hoja de plátano, polvillo de quinua y hoja de camote.

La comparación de los dos métodos tiene como meta determinar si existe similitud estadística entre ambos en base a las mediciones obtenidas en cada uno, para de esta manera definir si pueden considerarse opciones intercambiables al momento de analizar la energía bruta de un subproducto no convencional.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comparar los métodos calorimétrico y de estimación matemática para la determinación de energía bruta de ocho subproductos agrícolas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis proximal de las muestras de ocho subproductos agrícolas.
- Determinar la energía bruta de ocho subproductos agrícolas mediante el uso de una bomba calorimétrica.
- Aplicar análisis estadístico para la comparación de los resultados obtenidos por los dos métodos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

A continuación se presenta trabajos de investigación con una temática similar:

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA: Obtención de balanceados a partir de los desechos de maracuyá (*PASSIFLORA EDULIS* VARIABLE FLAVICARPA) para ganado vacuno.

ELABORADO POR: Gustavo Santiago Luna Aguilar

RESUMEN DEL DOCUMENTO

Aprovechamiento de la cáscara de maracuyá para la elaboración de alimento balanceado para ganado vacuno.

La cáscara de maracuyá proveniente de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, fue caracterizada antes y después del secado realizado en un secador de bandejas. La cáscara seca fue molida e incorporada a cinco distintas formulaciones usualmente utilizadas para ganado bovino en las siguientes proporciones: 0, 10, 30, 50 y 70%. Las mezclas homogéneas fueron tamizadas para realizar posteriormente el estudio de digestibilidad de cada una de ellas. A partir del porcentaje de digestibilidad y de la energía bruta encontrada por medio de una bomba calorimétrica, se calculó la energía en heces, metabolizable, digerible y en orina y gases. Los resultados permitieron relacionar los costos por quintal con las energías metabolizables de cada formulación, determinando el balanceado más conveniente para el ganadero. Se concluye que la formulación con el 50% de concentración de cáscara de maracuyá presenta un nivel de energía metabolizable aceptable, y además de ello brinda altos niveles de digestibilidad a un costo conveniente.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DÍAZ Robledo, Julián. Frutos exóticos. Norma, Madrid, 2004. p. 318.
2. IBID [1] p. 319.
3. HIDALGO Paredes, Ana Paulina y ANDINO Cisneros, María José. Plan de exportación de maracuyá desde la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas al mercado de Madrid – España periodo 2011-2014. Tesis (Ingeniera en Comercio Exterior). Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería Financiera y Comercio Exterior. 2011. p. 6.
4. IBID [3] p. 6.
5. VALAREZO Alfonzo, VALAREZO Oswaldo. Manejo del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg) en el Litoral Ecuatoriano. INIAP. Boletín divulgativo (365): 3,2009.
6. MAGAP. Base de datos disponible en el INEC. Noviembre, 2012. [Disponible: http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/11/PROEC_AS2012_FRUTAS.pdf], fecha de consulta: 26 Junio 2013.
7. BERMEO Quispe, Roberto. Comportamiento productivo de borregas mestizas alimentadas con dietas a base de banharina y cáscara de maracuyá. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Zootécnica, 2005. p.18.
8. MAYNARD, L. Nutrición animal. México, Mac Graw Hill, 1980. p. 110.
9. IBID [10]. p. 115.
10. DUCHI, N. y PAZMIÑO, J. Proyecto IQ-CV-024 Promsa – Espoch. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2003. p.22
11. MARTÍNEZ, Covalda. Agroindustria y competitividad. Bogotá, Colombia, Mundo 3D, 2006. p. 405.
12. IBID [13]. p. 406.
13. ROBLES, Arturo Carlos. Alimentos balanceados para animales. Universidad de Tolima. Programa Ingeniería Agroindustrial. Ibagué, Noviembre, 2009. p. 19.
14. OCON García, Joaquín y TOJO Barreiro, Gabriel. Problemas de Ingeniería Química, tomo 2. Aguilar. p. 240.
15. IBID [16]. p. 244.
16. IBID [15]. p. 23.
17. PERRY, Robert. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1. 6ta edición. México. Mc Graw Hill. 2001. p. 8-22.
18. IBID [21]. p. 8-51.

19. PERRY, Robert. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 2. 6ta edición. México. Mc Graw Hill. 2001. p. 21-15.
20. ZAPATA Maldonado, Johana. Operario en elaboración de balanceado (diapositiva).SECAP, 2012. 20 diapositivas, col.
21. BAVERA, G. Necesidades de minerales de los bovinos. Madrid, Río cuarto. 2000. pp. 134-139.
22. IBID [25]. p. 139.
23. FLORES, A. Bromatología animal. 2nd ed. México, Limusa. 1975. pp. 742-743.
24. PÉREZ Alba, L.M., DÍAZ Arca, J.F. y PÉREZ Hernández, M. Valores de digestibilidad de dos cereales incluidos en la ración en diferentes niveles. Departamento de producción animal. Universidad de Córdoba. Córdoba, 2011. p. 65. Disponible en (www.uco.es/veterinaria/principal/normas-documentos/.../5339.pdf). [Fecha de consulta: 17 Octubre 2013].
25. FINANCIERA, Rural. Dirección general adjunta de planeación estratégica y análisis sectorial. Monografía de la avena y de la semilla de la avena para la siembra. México, 2010. p. 1. Disponible en (<http://www.financierarural.gob.mx/>). [Fecha de consulta: 17 Octubre 2013].
26. APRÁEZ Guerrero, José Edmundo y PORTILLA Melo, Juliana Elizabeth. Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (avena sativa) enriquecido con arbustivas: acacia (acacia decurrens), chilca (bracharis latifolia) y sauco (sambucus nigra) en ovinos. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Colombia. 2012. p 4.
27. INIA. Instituto Nacional de Investigación agropecuaria. Grano de Cebada. Montevideo. 2011. p. 1. Disponible (www.caf.org.uy/IMG/pdf/Grano_de_cebada.pdf). [Fecha de consulta: 24 Octubre 2013].
28. 2011. p. 1. Disponible (www.caf.org.uy/IMG/pdf/Grano_de_cebada.pdf). [Fecha de consulta: 24 Octubre 2013].
29. IBID [31]. p 1.
30. CEVALLOS Jiménez, Andrés. Diccionario ilustrado de los nombres vernáculos de las plantas en España. Instituto Nacional para la conservación de la naturaleza (ICONA). Madrid, 1986. p. 318.
31. IBID [33]. p. 318.
32. CARVAJAL, Guy. Informe técnico sobre la harina de pescado y adulteraciones. Lima.2010. p. 1.
33. IBID [35]. p. 2.
34. LUNA Jiménez, Alfonso. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. Investigación y ciencia de la Universidad autónoma de Aguascalientes. México. 2007. p.37.
35. IBID [37]. p. 37.

BIBLIOGRAFÍA

1. BERMEO Quispe, Roberto. Comportamiento productivo de borregas mestizas alimentadas con dietas a base de banharina y cáscara de maracuyá. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Zootécnica, 2005.
2. HIDALGO Paredes, Ana Paulina y ANDINO Cisneros, María José. Plan de exportación de maracuyá desde la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas al mercado de Madrid-España periodo 2011-2014. Tesis (Ingeniera en Comercio Exterior). Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería Financiera y Comercio Exterior. 2011.
3. JIMÉNEZ Quevedo, Jazmín del Consuelo. Valoración energética de diferentes tipos de maíz (*Zea mays*) utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis (Ingeniero Zootecnista). Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Zootécnica. 2007.

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

INSTITUTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

TEMA: Determinación del contenido de energía digestible del maíz y harina de alfalfa, en cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L.*).

ELABORADO POR: Nelson Favian Ulloa Llaique

RESUMEN DEL DOCUMENTO:

El objetivo del estudio fue determinar y comparar el contenido de energía digestible en maíz y harina de alfalfa, para cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L.*). Se planteó como hipótesis que existían diferencias en el contenido de energía digestible en maíz y harina de alfalfa entre el cerdo doméstico y el jabalí.

Se utilizaron 6 jabalíes puros (todos machos) y 6 cerdos domésticos híbridos de las razas Landrace y Large White (4 machos y 2 hembras). El peso vivo inicial de los jabalíes fue de $25,6 \pm 1,5$ kg (promedio \pm d.e.) y de los cerdos domésticos de $21,1 \pm 2,8$ kg (promedio \pm d.e.).

Se prepararon tres dietas. Una dieta base (D1), la cual aportó un 70 % para las otras dietas (D2 y D3), y cada alimento en estudio aportó el 30% restante. La alimentación fue en base al peso

metabólico de cada animal, entregada dos veces al día en dos horarios, 08:30 y 16:30 horas. Cada animal recibió cada dieta por un periodo de 8 días, con recolección parcial de fecas los días 6,7 y 8.

Se determinó el contenido de energía digestible y los coeficientes de digestibilidad del maíz y la harina de alfalfa en el cerdo doméstico y el jabalí.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre el cerdo doméstico y el jabalí para el contenido de energía digestible del maíz, sin embargo sí existieron dichas diferencias en la harina de alfalfa. Esto significa que el maíz se digiere de similar forma tanto en cerdos domésticos y jabalíes, pero el cerdo doméstico aprovecha mejor la harina de alfalfa como fuente energética que el jabalí.

BIBLIOGRAFÍA

1. BASTIANELLI, D y SAUVANT, D. 1999. Digestion, absorption and excretion. In: Kyriazakis, I. (ed). A quantitative biology of the pigs. CABI publishing. Edinburgh. UK. pp: 21-28.
2. BAKKER, M y JONGBLOED, W. 1994. The effect of housing system on apparent digestibility in pigs, using the classical and marker (chromic oxide, acid-insoluble ash) techniques, in relation to dietary composition. J. Sci. Food: Agric 64: 107-115.
3. BATEMAN, J. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México, D.F., México. Herreros Hermanos. Sucesores. 468 p.
4. BUXADE, C. 1994. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo II. Reproducción y Alimentación. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 344 p.
5. BUXADE, C. 1996. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo VI. Porcinocultura Intensiva y Extensiva. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 382 p.
6. CHURCH, D., POND, K. y POND, W. 2004. Bases Científicas Para la nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos. 2da ed. Ediciones Limusa Wiley. México. 438 p.
7. DE ARECO, C. 2004. El jabalí. (On Line). <<http://www.jabaliesargentinos.com.ar/historia.html>> (27 Septiembre 2006).
8. DE LA VEGA, J. 2003. Las Otras Carnes en Chile: Características y Consumo. Valdivia. Universidad Austral de Chile – FIA. Chile. 286 p.

9. FERNANDEZ, M. 2005. Caracterización de los productores y de los sistemas de producción de jabalíes (*Sus scrofa* L) en la Décima Región. Tesis de Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Valdivia.
10. GOODWIN, D. 1975. Producción y Manejo del Cerdo. Guía Práctica para Granjeros y Estudiantes. Acribia. Zaragoza. España. 194 p.
11. JABALICHILE, 2006. Pureza, Sanidad y Genética. (On Line) <http://www.jabalichile.com/casa.html>> (20 julio, 2005).
12. MACDONALD, P., EDWARDS, R. y GREENHALGH, J. 1999. Nutrición Animal. 5ª ed. Zaragoza. España. Acribia. 576 p.
13. MARAIS, J. 2000. Use of Markers. In: D'mello, J (ed). Farm Animal Metabolism and Nutrition. Edinburgh. UK. CABI publishing. pp: 255-278.
14. MORALES, J. 2002. Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes; comparación entre el cerdo landrace y el ibérico. Tesis doctoral. Barcelona. España. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Veterinaria. 195 p.
15. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1998. Nutrient Requirements of Swine. W.C., Estados Unidos. National Academy Press. 189 p.
16. NIXDORF y BARNER, L. 2001. Economic and Production Information for Saskatchewan Producers. Wild boar production. (On line) <http://www.agr.gov.sk.ca.htm>>. 04 de agosto 2005.
17. POND, W. y POND, K. 2000. Intoduction to animal science. New York, Estados Unidos. John Wiley. 687 p.
18. POND, W., CHURCH, D. y POND, K. 1995. Basic animal nutrition and feeding. 4ª ed. Albano. U.S.A. John Wiley. 615 p.
19. RAMIREZ, R. 2003. Características cárnicas de Jabalí (*Sus Scrofa* L.) domesticado, sacrificados a dos pesos de faenamiento: Propiedades físico-químicas de la carne. Tesis Ing. Agrónomo. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.
20. UHR, G. 1995. The intestinal trat and the peyer's patch dimensions of wild boars (*Sus scrofa* l., 1758) and domestic pigs (*Sus scrofa* f. Doméstica) an allometric comparison. Journal of the Science of Mountain Ecology. 3: 77-82.
21. VAN SOEST, P. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of AOAC International. 46:829 – 835.
22. VAN WIEREN, S. 2000. Digestibility and voluntary intake of roughages by wild boar and Meishan pigs. Journal of Animal Science. 71: 149-156.
23. WHITTEMORE, C. 1998. The Science and Practice of Pig Production. Blackwell Science. 2ª ed. Edinburgh. U.K. 624 p.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

TEMA: Comparación entre el método de estimación matemática y el método de calorimetría para determinar el contenido energético del subproducto de galleta y de panadería para la alimentación de cerdos en desarrollo.

ELABORADO POR: Rodrigo Antonio Batres Gracias

RESUMEN DEL DOCUMENTO:

El presente estudio se realizó con el fin de comparar la funcionalidad del método de estimación matemática propuesto por McDowell (1974) y por Cañas y Aguilar (1990) comparado con la determinación calorimétrica in vivo, en las variables de nutrientes digestibles totales (TND), energía bruta (EB), energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM).

También se compararon las características nutricionales in vivo del subproducto de galleta con el de panadería en las variables de nutrientes digestibles totales (TND), energía bruta (EB), energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM).

En la variable de TND los valores obtenidos in vivo fueron 106.24% para el subproducto de galleta y 98.83% para el subproducto de panadería, y los valores estimados matemáticamente fueron 82.91% y 85.89% respectivamente.

Para la variable de ED los valores calculados in vivo fueron 6,101.01 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 5,504.04 Kcal/Kg para el de panadería, los valores estimados por la predicción matemática fueron 3,642.25 Kcal/Kg para el de galleta y 3,787.35 Kcal/Kg para el de panadería.

En la determinación de EM in vivo el resultado fue 4,697.82 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 3,478.73 Kcal/Kg en el de panadería. En la estimación matemática de EM se obtuvo 2,920.55 Kcal/Kg y 2,533.15 Kcal/Kg en los subproductos respectivamente.

Para el cálculo de energía bruta cuantificada por calorimetría directa el valor obtenido fue 4,438.5 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 4,287.5 Kcal/Kg en el de panadería. En la

predicción matemática de EB se encontró 4,141.79 Kcal/Kg el subproducto de galleta y 3,900.97 Kcal/Kg en el de panadería.

Al realizar la comparación estadística entre los métodos para TND se encontró diferencia significativa entre ambos, siendo mayor el valor determinado in vivo que el estimado matemáticamente.

Al hacer la comparación entre los métodos de predicción de energía digestible y metabolizable, también se encontró diferencia significativa entre ambos métodos y de forma similar fue mayor la determinación in vivo.

Para la variable de energía bruta también se encontró diferencia significativa entre ambos métodos, siendo también mayor el valor de la calorimetría directa.

Finalmente, al comparar los valores nutricionales in vivo de los subproductos de galleta y de panadería en las variables de TND, EB, ED y EM se determinó que era superior el subproducto de galleta en todas las variables.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Generar información bromatológica de materias primas no tradicionales para la alimentación de cerdos en Guatemala.
- Comparar los métodos utilizados para determinar el contenido energético de los alimentos.
- Comparar los valores de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) del subproducto de galleta y de panadería, calculados en la estimación matemática, con los obtenidos por una determinación calorimétrica in vivo, para cerdos en fase de desarrollo.
- Comparar las características nutricionales in vivo del subproducto de galleta con el de panadería en términos de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) para Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bateman, JV. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México, Centro regional de ayuda técnica, Agencia para el desarrollo internacional (AID).

2. Beefmag. 2004. Typical composition feeds. (en línea) Estados Unidos, Empresa de productos para animales. Consultado 22 sep. 2004 disponible en: http://www.beefmag.com/mag/beef_typical_composition_feeds/
3. Bondi, AA. 1988. Nutrición Animal. España, Acribia. 546 p.
4. Campabadal, C.; Navarro, H. 1996. Clasificación de los ingredientes Utilizados en la elaboración de alimentos para animales. México, Asociación Americana de Soya. 21 p.
5. Cañas, R.; Aguilar, C. 1990. Uso de la bioenergética en producción de bovinos. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile. 105 p.
6. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento, según el Sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. Dale, N. 1998. Poultry Solutions Knowledge Nutrition & Feeding, Feed Ingredients. (en línea) Estados Unidos. Consultado 22 de sep 2004. Disponible en: <http://www.poultrysolutions.com/knowledge/articles/art-3b.htm>
8. De Blas, C.; Mateos, G.; Rebollar, PG. (2003). Tablas FEDNA. (en línea) España. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Consultado 15 de sep 2004. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>
9. FAO. (2004). I17 Grasas, referencias útiles: 12 y 13. Amich-Gall, J. 1966. Technology of the use of fats in feeds and Animal protein and fats, 1971. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (en línea) Colección FAO. Consultado 5 de oct 2004. Disponible en: www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/Data/489.HTM
10. GUYTON, A. (1992). Tratado de Fisiología Médica. 8 ed. México. Nueva editorial interamericana, S.A. de C.V., división de McGraw-Hill, Inc. 1063 p.
11. Hernández, WO. 2002. Comparación entre dos métodos de determinación de contenido energético (Calorimetría y Estimación Matemática) utilizados en harina de maíz HB-Proticta y HB-83 para alimentación de cerdos en desarrollo. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 46 p.
12. Leeson, S.; Summers, JD. 1997. Commercial Poultry Nutrition. 2 ed. Canadá, Department of Animal & Poultry Science, University of Guelph. s. p.
13. Maynard, LA. 1993. Nutrición Animal. Trad. por Alonso Ortega Said. 7 ed. México, McGraw-Hill. 640 p.
14. McDonald, P.; Edwards, RA.; Greebhalgh, JFD. 1975. Nutrición Animal. 2 ed. Trad. por Aurora Pérez Torromé. España, Editorial Acribia. 462 p.
15. McDowell, LR. 1974. Latin American Tables of Feed Composition. Gainesville, Florida, University of Florida. 509 p.

16. Necesidades Nutritivas del Cerdo. 1973. Argentina, Centro Regional de Ayuda Técnica. 78 p.
17. Straights Direct Blends. 2003. (en línea) Estados Unidos, Empresa de productos para animales. Consultado 20 jul 2003. Disponible en: <http://www.straightsdirect.com/blends.html>.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Energía

Se define como la capacidad para realizar un trabajo o transferir calor. (Recio Miñarro, http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/formas.htm)

2.2.1.1. Formas de energía

Los principales tipos son: mecánica, eléctrica, química, luminosa o radiante y térmica.

Energía mecánica: Es la energía que está relacionada con la posición y movimiento del cuerpo, se clasifica en dos formas, la cinética y potencial.

Energía química: Es la energía acumulada en los alimentos y combustibles, resulta de la transformación de las sustancias químicas contenidas en los alimentos o elementos, posibilitando de esta manera mover objetos o convertirse en otra forma de energía.

Energía eléctrica: Es la energía obtenida por la separación entre cargas positivas y negativas en el interior de los materiales conductores.

Energía radiante: Es aquella que procede de las ondas electromagnéticas, que tiene sus orígenes en ondas de radio, rayos infrarrojos, rayos ultravioletas, rayos gamma, rayos X, radiación de microondas, luz visible, es decir, el espectro electromagnético y por consiguiente del Sol.

Energía térmica: Es la energía liberada en forma de calor, la cual es obtenida por fusión nuclear, a través de energía eléctrica, por rozamiento en la combustión de diferentes combustibles o aprovechándose directamente de la naturaleza. (Recio Miñarro, http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/formas.htm)

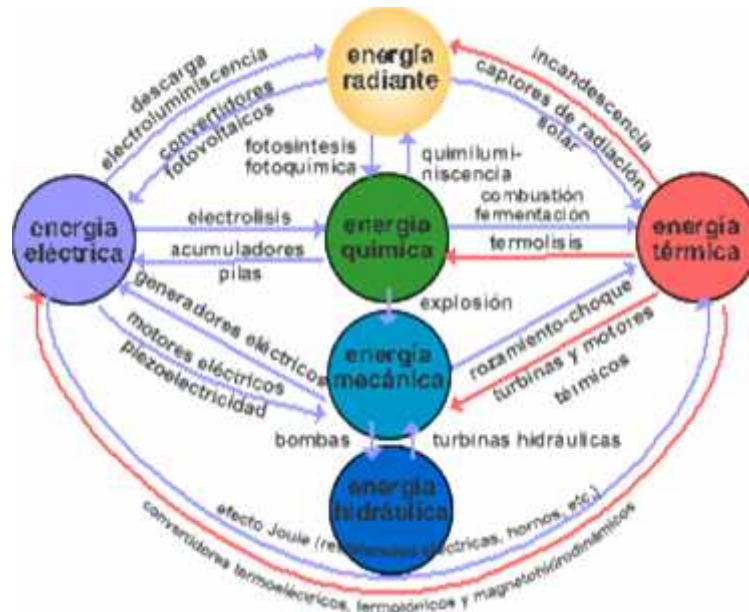


Figura. 1-2: Conversión de diferentes tipos de energía

Fuente: http://www.oni.esuelas.edu.ar/2002/santiago_del_estero/madre-fertil/energia.htm

2.2.2. Energía Bruta

La **energía bruta** (EB) se define como el calor de combustión por unidad de peso de un alimento. Cuando se combustiona por completo la materia orgánica que contiene un alimento existe un desprendimiento de calor que se mide en calorías, a la energía medida de esta forma se denomina energía bruta.

Se trata de una energía química almacenada en los enlaces moleculares de la materia orgánica que contiene los alimentos, que por reacciones de oxidación se transforma en energía para el correcto funcionamiento del ser vivo, trabajo muscular y mantenimiento de la temperatura corporal. (Caravaca et al., 2003: p. 303)

Dentro de las formas principales de energía tenemos la cinética y potencial, siendo la segunda particularmente importante en el estudio de sistemas químicos, trata de una energía almacenada que conecta los átomos en las moléculas, en la que la mayoría de las reacciones involucran la formación o ruptura de, por lo menos, un enlace covalente.

La unidad estándar que se emplea para expresar términos energéticos es la caloría (cal), y se define como la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua, una caloría es igual a 4184 joules.

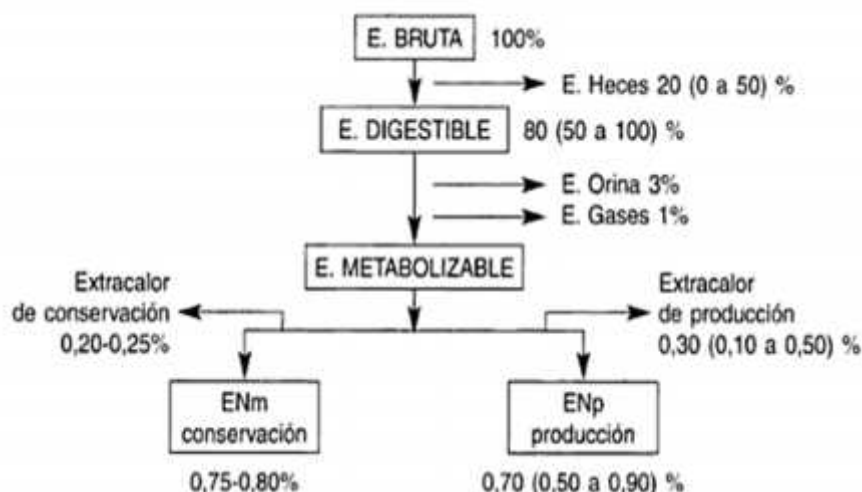


Figura. 2-2: Esquema general de utilización de la energía por los animales.
Fuente: <https://books.google.com.ec/>

2.2.3. Primera Ley de Termodinámica y Energía Bruta

Esta ley se refiere al estado inicial y final de energía de un sistema, más no de los mecanismos o tasas de cambio de la misma. Además, esta ley es verdadera tanto para seres vivos como inertes; el equivalente energético del trabajo realizado por un animal, más la energía de mantención del animal, debe ser igual a la energía generada a partir de la oxidación de nutrientes.

Según la Primera Ley de Termodinámica todas las formas de energía se pueden transformar en calor. Cuando una sustancia se combustiona generando los productos finales de oxidación como CO_2 , H_2O y cenizas, el calor que se desprende toma el nombre de *calor de combustión o energía bruta* (*E en termodinámica*). (Cañas, 1992: p. 14)

La energía bruta se relaciona con la cantidad de macronutrientes (carbohidratos, grasas, proteínas) que contenga el alimento. Mientras más rico sea en grasa tendrá un valor mayor de energía, de lo que se puede deducir que es directamente proporcional con el contenido de hidrógeno y carbono, e inversamente con el contenido de oxígeno. (Cañas, 1992: p. 15)

Un factor que afecta el valor de combustión es el contenido de cenizas y agua, por no ser combustibles disminuyen el porcentaje de energía bruta del alimento. (Cañas, 1992: p. 15)

2.2.4. Predicción de la Energía Bruta

2.2.4.1. Método Calorimétrico

La energía bruta determinada por este método, utiliza un instrumento denominado bomba calorimétrica. Su funcionamiento consiste básicamente en la combustión de una muestra de alimento, mediante la ignición con un conductor eléctrico conectado a una bomba o cámara inyectada con O_2 , la cual contiene la muestra a analizar. Esta bomba está sumergida en agua a temperatura ambiente. Al combustionar la muestra se desprende calor, calentando el agua circundante y provocando un cambio de temperatura en esta.

El calor de combustión o energía bruta se produce por la oxidación que resulta de la unión del carbono o hidrógeno con el oxígeno adicionado al medio, provocando la ruptura de enlaces covalentes energéticos.



Figura. 3-2: Bomba Calorimétrica(IKA 2000)
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016.

2.2.4.2. Método de Estimación Matemática

Bateman (1970) expresa que: “El sistema de Weende (Análisis proximal) está diseñado para simular el proceso de la digestión, una ácida y una alcalina de la muestra de alimento estudiado, para ello se determina el extracto etéreo (grasa), fibra bruta, proteína bruta y el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), para posteriormente a través de una ecuación matemática establecida estimar el valor de energía bruta, es decir, esta medida también puede ser predicho a partir de la composición química del alimento, utilizando los coeficientes propios de cada constituyente”.

A continuación se expresa la ecuación para el cálculo de la energía bruta:

$$EB = [9(EE) + 4(FB) + 4(PB) + 4(ELN)] \times 10$$

Donde:

EB= Energía bruta (cal/g)

EE= Extracto etéreo (%)

FB= Fibra bruta (%)

PB= Proteína bruta (%)

ELN= Extracto Libre de Nitrógeno (%)

2.2.5. Análisis Químico Proximal

2.2.5.1. Humedad

El agua se encuentra en los alimentos principalmente en dos formas, como disponible o libre y como enlazada; la determinación de la cantidad de humedad es de gran importancia por varias razones técnicas, científicas y económicas.

Existen varios métodos para su determinación entre ellos tenemos: secado, destilación, procedimientos químicos e instrumentales. (Kirk et al., 1996: p. 11)

2.2.5.2. Cenizas

La ceniza de un alimento corresponde al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica, existen condiciones de incineración dependiendo del material.

El valor de cenizas es una medida general de calidad, que sirve como un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento, si el valor es alto, indica la presencia de un adulterante inorgánico.

El método general para la determinación de cenizas totales consiste en calcinar la muestra a una temperatura de 500-550 °C en una mufla. (Kirk et al., 1996: p. 15)

2.2.5.3. Proteína

Las proteínas de los alimentos son macromoléculas formadas por aminoácidos, los cuales poseen varios grupos funcionales y, por lo tanto, efectúan una diversidad de reacciones químicas.

El contenido total de proteínas en los alimentos se determina a partir del contenido de nitrógeno orgánico a través del método Kjeldahl, este se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, que en presencia de catalizadores metálicos permite reducir el nitrógeno orgánico en amoníaco el que queda en solución en forma de sulfato de amonio, este digerido debe ser destilado y posteriormente titulado con una solución estándar de ácido clorhídrico. (Kirk et al., 1996: p. 24)

2.2.5.4. Extracto Etéreo (Grasa neutra, grasa cruda)

El contenido graso de los alimentos está formado por sustancias lipídicas, estas pueden ser “libres” cuya forma de extracción, es mediante el uso de disolventes menos polares como fracciones ligeras de petróleo y éter etílico, mientras que las “enlazadas” emplean disolventes más polares. (Kirk et al., 1996: p. 25)

2.2.5.5. Fibra

La fibra es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra en las condiciones establecidas; lo más común son tratamientos consecutivos con ácido sulfúrico diluido y ebullición con hidróxido de sodio diluido. Este tratamiento proporciona una fibra cruda que consiste principalmente de celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenida en la muestra. (Kirk et al., 1996: pp. 29-30)

2.2.6. Análisis de Datos Cuantitativos

2.2.6.1. Medidas de variabilidad

Indican la dispersión de los datos en la escala de medición, es decir, son intervalos que designan distancias o un número de unidades en la escala de medición, las más usadas son rango, desviación estándar y varianza.

Rango o recorrido: Se entiende como la diferencia entre la puntuación mayor y la puntuación menor e indica el número de unidades en la escala de medición que se necesitan incluir los valores máximo y mínimo.

Desviación estándar o típica: Es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media. Se interpreta en relación con la media, cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media mayor será la desviación estándar. Se simboliza generalmente con la sigma minúscula (σ) (poblacional) o S (muestral).

Varianza: Es la desviación estándar elevada al cuadrado y se simboliza S^2 . Este parámetro estadístico se considera importante en pruebas cuantitativas. (Sampieri, 2010: p. 294)

2.2.6.2. Medidas de Estadística Descriptiva

La asimetría: Es una estadística descriptiva que permite conocer cuánto se parece nuestra distribución de datos a una distribución teórica llamada *curva normal*. Si la *asimetría* = 0 la curva o distribución es simétrica, cuando es *positiva* quiere decir que existen más valores agrupados hacia la izquierda y cuando es *negativa* significa que los valores tienden a agruparse hacia la derecha.

La curtosis: Es un indicador de lo plana o picuda que puede ser una curva, cuando la *curtosis* = 0 significa que se trata de una *curva normal*; si es *positiva* la distribución es más picuda mientras que si es *negativa* significa que la curva es más plana la curva. (Sampieri, 2010: p. 297)

2.2.6.3. Análisis Estadístico Inferencial

Toda investigación tiene como propósito ir más allá de describir las distribuciones de las variables o describir conjunto de datos, pues pretende probar hipótesis y generalizar resultados obtenidos en la muestra a la población.

Según Sampieri et al., (2006) el procedimiento de esta naturaleza de estadística inferencial es la siguiente:

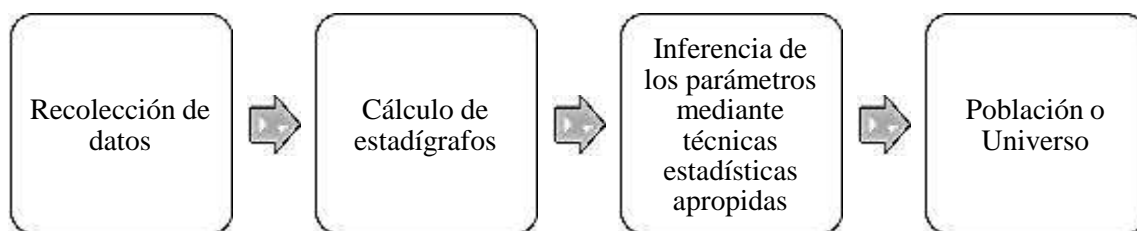


Figura. 4-2: Procedimiento de la estadística inferencial.

Fuente: Sampieri R. et al, (2010)

Es importante tomar en cuenta el nivel de significancia o nivel alfa (α), este es un nivel de la probabilidad de equivocarse y que fija de manera *a priori* el investigador. Se expresa en términos de probabilidad (p) (0.05 y 0.01).

2.2.7. Pruebas de Normalidad

2.2.7.1. Prueba de Anderson- Darling

Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales.

2.2.7.2. Prueba de Kolmogorov- Smirnov

Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel de significancia (α) elegido, se puede rechazar la hipótesis nula y concluir que se trata de una población no normal.

2.2.7.3. Prueba de normalidad de Ryan- Joiner:

Esta prueba evalúa la normalidad calculando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos, si el coeficiente de correlación se encuentra cerca de 1, es probable que la población sea normal.

Por lo general, entre las pruebas que se basan en la función de distribución empírica, la prueba de Anderson Darling tiende a ser más efectiva para detectar desviaciones en las colas de la distribución.

En caso de contar con datos no normales se pueden obtener resultados adecuados si la muestra es lo suficientemente grande, la cantidad de datos que se necesita depende del grado de no normalidad, pero un tamaño de 20 suele ser adecuado.

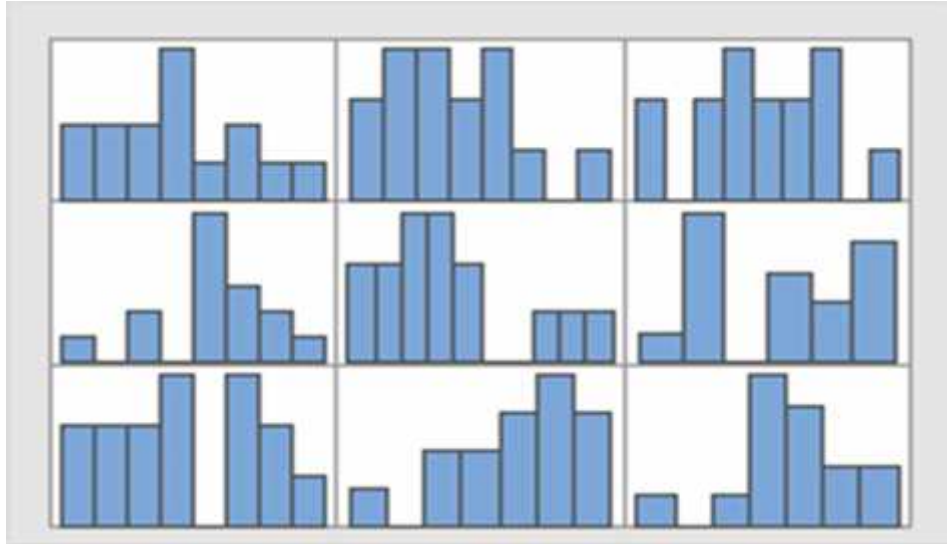


Figura. 5-2: Histogramas de un conjunto de datos de una distribución normal

Fuente: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/introductory-concepts/normality/normality-in-small-samples/>

2.2.8. *Análisis Paramétricos*

2.2.8.1. *Prueba t*

Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Esta prueba se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como la distribución t de Student que se identifica por los grados de libertad. Cuanto mayor número de grados de libertad se tengan, la distribución t de Student se acercará más a ser una distribución normal.

Hay que considerar que en la prueba t se comparan las medias y las varianzas de dos grupos que participan en un experimento.

La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren de manera significativa entre sí y la hipótesis nula plantea que los grupos no difieren significativamente. (Sampieri, 2010: p. 320)

2.2.8.2. *Test de Welch*

Es una prueba estadística utilizada para contrastar hipótesis en función de la media aritmética pero con varianzas no homogéneas, este modelo consiste en una ecuación para calcular los grados de libertad de manera que disminuye el error por la no homogeneidad de las varianzas.

2.2.9. *Subproductos del Ecuador*

2.2.9.1. *Tronco de brócoli*

Es un subproducto del brócoli como tal, vegetal versátil, cuyas propiedades son benéficas para la salud por su alto contenido de vitamina C y antioxidantes, los cuales reducen el riesgo de cáncer y problemas con el corazón.



Figura. 6-2: Tronco de brócoli

Fuente: <http://migrandoalatierra.blogspot.com/2013/02/el-huerto-comienza-mostrarse.html>

2.2.9.2. *Hoja de zanahoria*

La hoja de zanahoria es comestible al no ser tóxica, antiguamente no se cultivaba la zanahoria por sus raíces sino por sus hojas y aromáticas semillas, nutricionalmente hablando son muy ricas en minerales, proteínas y vitaminas.



Figura. 7-2: Hojas de zanahoria

Fuente: <http://ecocosas.com/cocina-y-alimentos/hojas-de-zanahoria-como-usarlas-en-la-cocina/>

2.2.9.3. *Chaqui Sara*

Maíz en mal estado, es un cereal utilizado generalmente como alimento para animales entre ellos tenemos a los cerdos y aves.



Figura. 8-2: Chaqui sara

Fuente: <http://ciencia1729.blogspot.com/2013/12/el-aceite-de-maiz-superior-al-aceite-de.html>

2.2.9.4. *Hoja de Chocho*

Especie nativa de los páramos y valles interandinos, planta herbácea con hojas palmado. Algunas especies son comestibles, otras son usadas como plantas ornamentales, abono verde o como pienso para el ganado.



Figura. 9-2: Hoja de chocho

Fuente: http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/concursos/expediciones_botanicas/ver_herbarios_p.php?id=944&id_p=5634

2.2.9.5. *Hoja de Maíz*

Es una planta herbácea utilizada en gran proporción para la alimentación de ganado, larga de color verde.



Figura. 10-2: Hoja de maíz

Fuente: http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/concursos/expediciones_botanicas/ver_herbarios_p.php?id=683&id_p=4048

2.2.9.6. *Polvillo de quinua*

Es el subproducto obtenido luego del descascarado por fricción de la quinua perlada, es de color café.



Figura. 11-2: Polvillo de quinua

Fuente: <http://capital-federal.nexolocal.com.ar/p59410740-ofrezco-polvillo-de-quinua-saponina-lima-callao-comercio>

2.2.9.7. *Hoja de Camote*

Poseen formas y colores variados, son simples con forma ovalada, sus colores varían desde el verde pálido hasta el verde oscuro con ciertas pigmentaciones moradas.



Figura. 12-2: Hoja de camote

Fuente: <http://www.lotuyo.info/es/ev/planta/camote>

2.2.9.8. *Hoja de plátano*

Esta hoja cubre la planta de banano que crece en zonas de clima tropical, es de color verde, ancha y de gran tamaño.



Figura. 13-2: Hoja de plátano

Fuente: <http://cocinayvino.net/gastronomia/especiales/4579-hoja-de-platano.html>

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis y especificación de las variables

3.1.1. *Hipótesis*

3.1.1.1. *Hipótesis General*

- Los métodos calorimétrico y de estimación matemática son estadísticamente similares para la determinación de energía bruta de los ocho subproductos agrícolas estudiados.

3.1.1.2. *Hipótesis Específicas*

1. Los valores de humedad, ceniza, extracto etéreo (grasa), fibra, proteína y extracto libre de nitrógeno de los ocho subproductos agrícolas estudiados cumplen con los parámetros indicados por la bibliografía pertinente.
2. Los valores de energía bruta de los ocho subproductos agrícolas analizados determinados mediante la bomba calorimétrica son comparables con los valores reportados en la bibliografía pertinente.
3. Los resultados obtenidos mediante los dos métodos aplicados son estadísticamente similares

3.1.2. *Especificación de las variables*

3.1.2.1. *Hipótesis específica 1*

“Los valores de humedad, ceniza, extracto etéreo (grasa), fibra, proteína y extracto libre de nitrógeno de los ocho subproductos agrícolas estudiados cumplen con los parámetros indicados por la bibliografía pertinente”

- **Variable Independiente:** Valores de humedad, ceniza, extracto etéreo (grasa), fibra, proteína y extracto libre de nitrógeno de los ocho subproductos agrícolas estudiados
- **Variable Dependiente:** Cumplimiento de lo indicado por la bibliografía pertinente.

3.1.2.2. Hipótesis específica 2

“Los valores de energía bruta de los ocho subproductos agrícolas analizados determinados mediante la bomba calorimétrica son comparables con los valores reportados en la bibliografía pertinente”

- **Variable Independiente:** Valores de energía bruta de los ocho subproductos estudiados mediante la bomba calorimétrica
- **Variable Dependiente:** Grado de similaridad con valores reportados en bibliografía pertinente.

3.1.2.3. Hipótesis específica 3

“Los resultados obtenidos mediante los dos métodos aplicados son estadísticamente similares”

- **Variable Independiente:** Resultados obtenidos de los métodos calorimétrico y de estimación matemática.
- **Variable Dependiente:** Similaridad estadística.

3.1.3. Matriz de Consistencia

TEMA: COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS CALORIMÉTRICO Y MÉTODO TRADICIONAL PARA LA DETERMINACIÓN DE ENERGÍA BRUTA EN 8 SUBPRODUCTOS NO CONVENCIONALES.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿En qué medida pueden considerarse similares el método calorimétrico y de estimación matemática para la determinación de la energía bruta de subproductos no convencionales?	Comparar los métodos calorimétrico y de estimación matemática para la determinación de energía bruta de ocho subproductos no convencionales.	El método calorimétrico y de estimación matemática son estadísticamente similares para la determinación de energía bruta de ocho subproductos agrícolas
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cuáles son los valores de humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra, proteína y ELN en las muestras de 8 subproductos no convencionales?	Realizar el análisis proximal de las muestras de 8 subproductos no convencionales.	Los valores de humedad, ceniza, extracto etéreo (grasa), fibra, proteína y extracto libre de nitrógeno de los ocho subproductos agrícolas estudiados cumplen con los parámetros indicados por la bibliografía pertinente.
¿Cuál es el valor de energía bruta determinada mediante la bomba calorimétrica de los 8 subproductos no convencionales?	Determinar la energía bruta de 8 subproductos no convencionales mediante el uso de una bomba calorimétrica.	Los valores de energía bruta de los ocho subproductos agrícolas analizados determinados mediante la bomba calorimétrica son comparables con los valores reportados en la bibliografía pertinente.
¿Cuál es la similaridad entre los valores estadísticos descriptivos determinados por los dos métodos?	Aplicar análisis estadístico para la comparación de los resultados obtenidos por los dos métodos.	Los resultados obtenidos mediante los dos métodos aplicados son estadísticamente similares

3.2. Tipo y Diseño de la Investigación

3.2.1. Tipo

- **Según el objeto de estudio:** Investigación Analítica
- **Según las variables:** Experimental
- **Según el nivel de medición y análisis de la información:** Inferencial

3.2.2. Diseño de la Investigación

Experimental

3.3. Unidad de Análisis

Muestras de Subproductos no convencionales agrícolas.

3.4. Población de estudio

Subproductos agrícolas no convencionales del Ecuador, destinados a la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*).

3.5. Tamaño de muestra

44 muestras tomadas de 8 subproductos no convencionales

3.6. Selección de muestra

Biodisponibilidad

3.7. Técnicas de recolección de datos

- Recolección de muestras
- Registro y codificación de datos
- Análisis químicos de laboratorio (proximales)
- Análisis estadísticos de resultados

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Determinación de energía bruta por el método de estimación matemática

A continuación se presenta el cálculo para determinar la energía bruta por el método de estimación matemática, para lo cual se hace uso de los valores obtenidos del análisis proximal realizado a cada subproducto. Se realizará únicamente de manera ilustrativa el cálculo para el caso del subproducto tronco de brócoli, aplicándose la misma metodología para los casos restantes. Para una descripción del significado de la ecuación, remítase a la sección 2.2.4.2.

Muestra 1, tronco de brócoli, procedente de Latacunga.

$$EB = [9(EE) + 4(FB) + 4(PB) + 4(ELN)] \times 10$$

$$EB = [9(3,04) + 4(22,95) + 4(16,85) + 4(37,73)] \times 10$$

$$EB = 3375,16 \frac{cal}{g}$$

Energía bruta por el método calorimétrico

El valor de energía bruta por el método calorimétrico se obtiene por medición directa en la bomba calorimétrica luego de haber culminado la combustión de la muestra ingresada.

4.1.1. Subproducto tronco de brócoli

Los datos se indican en la tabla a continuación:

Tabla 1-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT(cal/g)	EB. CAL(cal/g)
Latacunga	1	19,43	3,04	22,95	16,85	37,73	3375,16	3486
	2	19,84	2,92	22,95	17,51	36,78	3352,44	3472
San Luis	1	20,28	1,59	35,64	13,81	28,68	3268,32	3358
	2	19,97	1,57	35,95	14,46	28,06	3279,30	3351
Ambato	1	16,73	2,21	32,30	14,17	34,58	3441,17	3559
	2	16,58	2,46	31,18	14,73	35,05	3459,70	3561
Uyubicho (Pichincha)	1	15,86	4,59	25,77	13,21	40,57	3594,97	3528
	2	15,13	4,47	25,62	13,77	41,02	3618,43	3560
Riobamba	1	12,61	3,46	24,77	15,75	43,41	3668,44	3698
	2	12,15	3,86	24,27	15,44	44,27	3707,30	3685
San Luis- Libertad	1	19,96	3,84	40,48	13,19	22,53	3393,72	3461
	2	19,37	3,55	39,92	14,63	22,53	3402,90	3477
Ambato- Pishilata	1	17,23	1,35	43,67	14,34	23,41	3378,33	3422
	2	16,97	1,29	44,23	13,71	23,80	3385,54	3433
Chambo	1	15,50	4,65	28,09	13,99	37,77	3612,33	3543
	2	16,80	4,31	26,96	14,93	37,00	3543,84	3523
Gatazo	1	21,88	3,61	27,11	9,53	37,87	3305,37	3499
	2	20,89	2,91	26,72	11,01	38,48	3309,97	3476
Chambo – Dolorosa	1	16,87	3,92	34,18	14,81	30,22	3520,99	3548
	2	16,71	3,26	35,43	14,05	30,56	3494,77	3557
Licto - Tunshi San N)	1	19,27	2,40	40,45	9,34	28,53	3348,94	3428
	2	19,16	2,63	40,13	10,66	27,42	3364,73	3453
San buena aventura (Latacunga)	1	17,79	3,03	32,98	15,70	30,49	3439,74	3754
	2	17,98	2,94	31,48	16,43	31,17	3428,06	3712

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

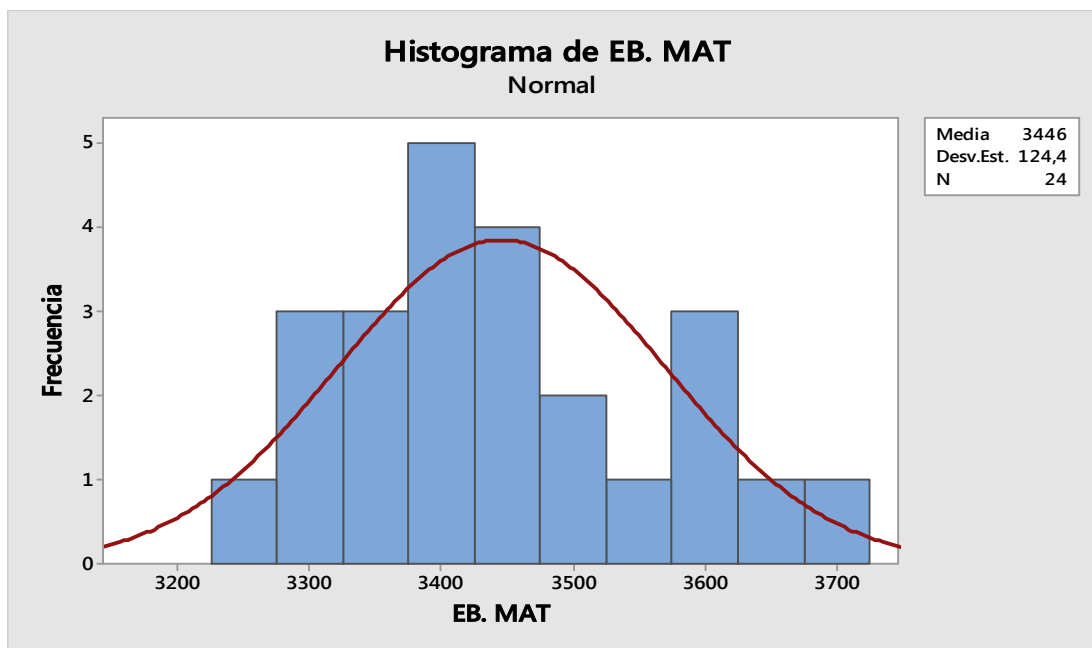


Gráfico 1-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 24 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3446 con una desviación estándar de 124,4 y una distribución de frecuencia de tipo normal leptocúrtica.

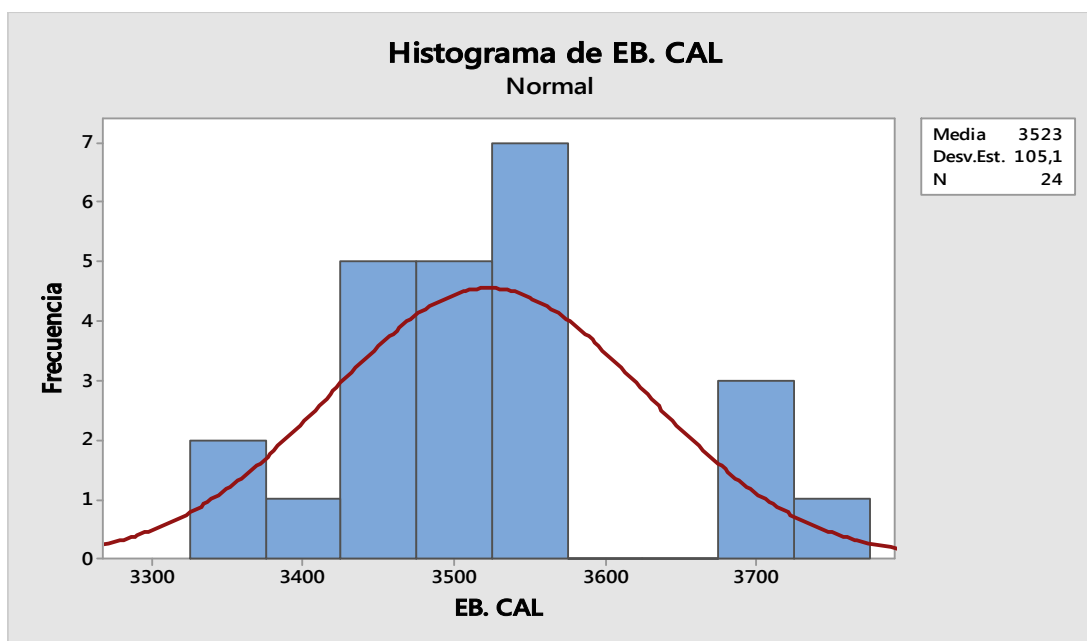


Gráfico 2-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 24 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3523 con una desviación estándar de 105,1. Se observa la particularidad que no se reportan valores en torno a los 3600 cal/g. Es una distribución de frecuencias de tipo normal mesocúrtica.

4.1.2. Subproducto hoja de zanahoria

Tabla 2-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Chambo – Llío	1	15,65	1,65	18,17	16,89	47,63	3456,62	3621
	2	15,75	1,57	17,99	15,97	48,71	3448,54	3664
Guamote	1	22,22	1,84	18,35	10,43	47,17	3203,09	3324
	2	22,09	1,17	18,34	10,29	48,12	3174,56	3349
Ambato – Sumbagua	1	17,66	3,44	23,89	17,75	37,26	3465,34	3601
	2	18,60	3,46	24,20	18,50	35,25	3428,67	3627
San Juan Calera	1	17,72	3,23	17,83	20,56	40,65	3452,73	3692
	2	17,49	3,63	18,34	20,16	40,39	3481,75	3684
Ilapo-Guano	1	16,97	3,14	29,19	16,04	34,67	3478,06	3512
	2	16,85	2,25	27,84	15,61	37,45	3438,26	3557
San Juan (Riobamba)	1	17,51	3,30	22,68	21,20	35,32	3464,49	3738
	2	18,35	3,51	22,75	20,68	34,71	3441,70	3738
Baños-Ulba	1	17,24	3,53	26,46	19,92	32,86	3486,87	3615
	2	17,92	2,20	25,34	20,20	34,33	3393,22	3623
Guano- San José de Chocón	1	19,49	2,34	21,48	26,19	30,50	3337,26	3592
	2	19,10	2,81	20,42	26,71	30,96	3376,34	3566
Gatazo	1	16,77	3,90	16,81	20,17	42,34	3524,22	3713
	2	17,72	3,66	16,19	19,44	42,99	3473,92	3732
Ilapo – Guano	1	18,39	3,87	22,05	20,54	35,15	3457,70	3605
	2	18,64	2,89	22,65	19,86	35,96	3398,80	3611
Tungurahua	1	12,87	4,19	20,65	16,54	45,75	3694,94	3862
	2	13,16	2,27	20,46	17,22	46,89	3587,05	3856
San buena aventura (Latacunga)	1	19,88	1,76	20,11	19,45	38,80	3293,04	3585
	2	20,45	1,29	20,71	19,67	37,88	3246,16	3596
Latacunga	1	17,22	2,58	21,91	19,82	38,47	3440,15	3649
	2	17,55	2,82	22,11	20,48	37,04	3438,80	3645

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

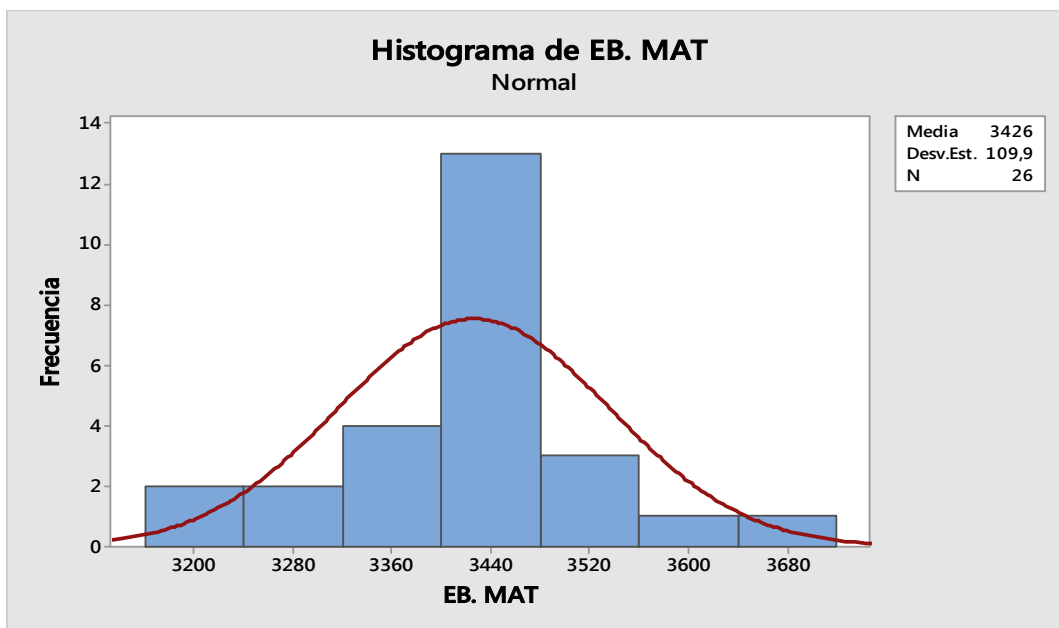


Gráfico 3-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 26 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3426 con una desviación estándar de 109,9 y una distribución de frecuencia de tipo normal platicúrtica. Se observa un predominio de valores entorno a los 3440 cal/g.

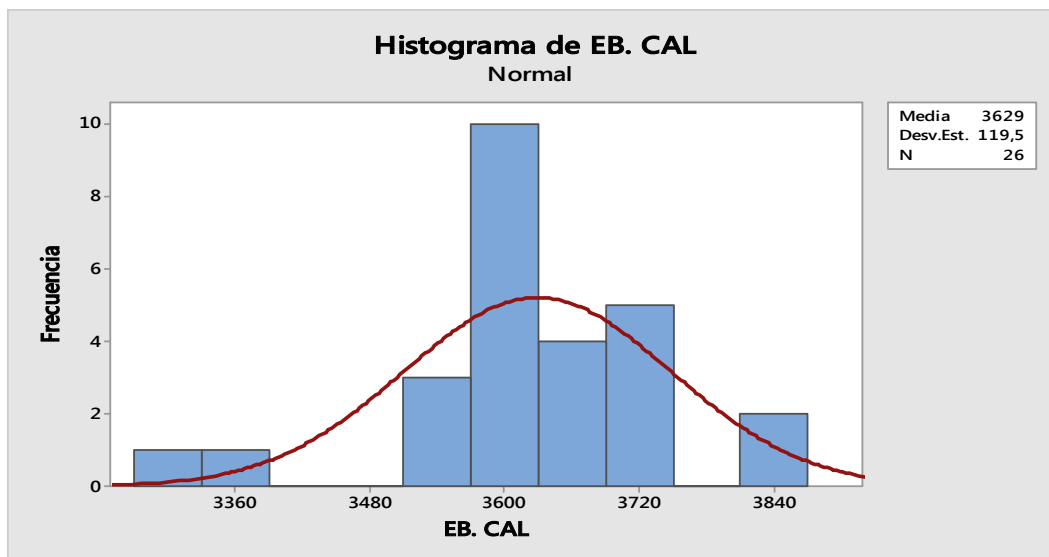


Gráfico 4-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay

El conjunto de 26 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3629 con una desviación estándar de 119,5. Se observa la particularidad de que no se presentan valores entorno a los 3480 cal/g y un predominio de valores en torno a los 3600 cal/g. La distribución es de tipo normal platicúrtica.

4.1.3. Subproducto Chaqui Sara

Tabla 3-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Cebadas	1	1,78	5,74	18,35	12,20	61,93	4215,55	4316
	2	1,79	5,94	18,35	11,95	61,97	4225,53	4340
Pungalá	1	1,75	5,05	18,34	9,89	64,97	4182,29	4244
	2	1,68	4,68	18,34	11,76	63,55	4166,84	4254

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

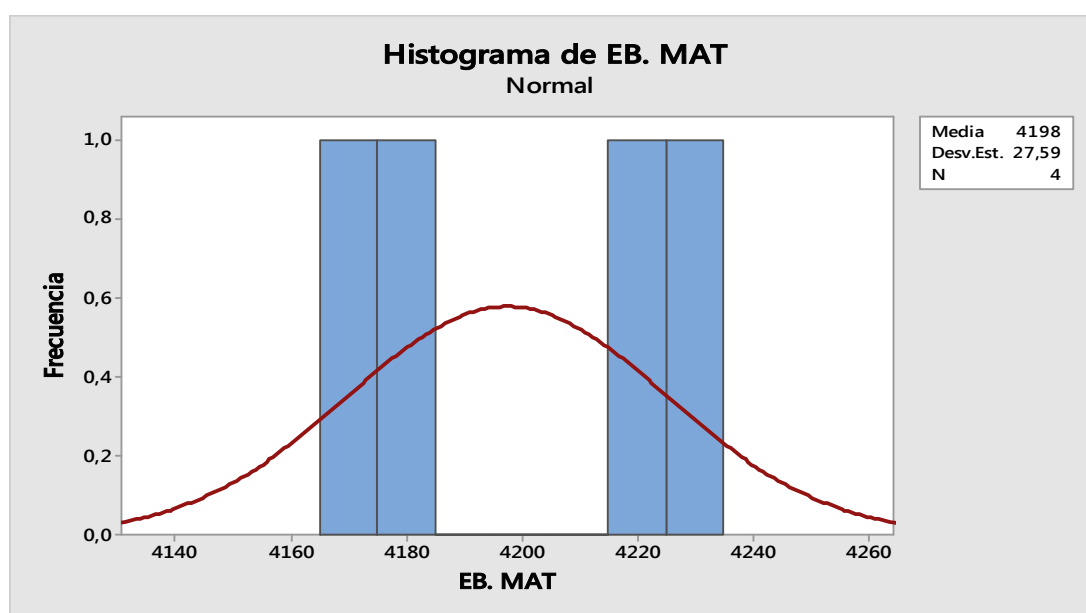


Gráfico 5-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 4198 con una desviación estándar de 27,59; La distribución de frecuencias es de tipo normal platicúrtica.

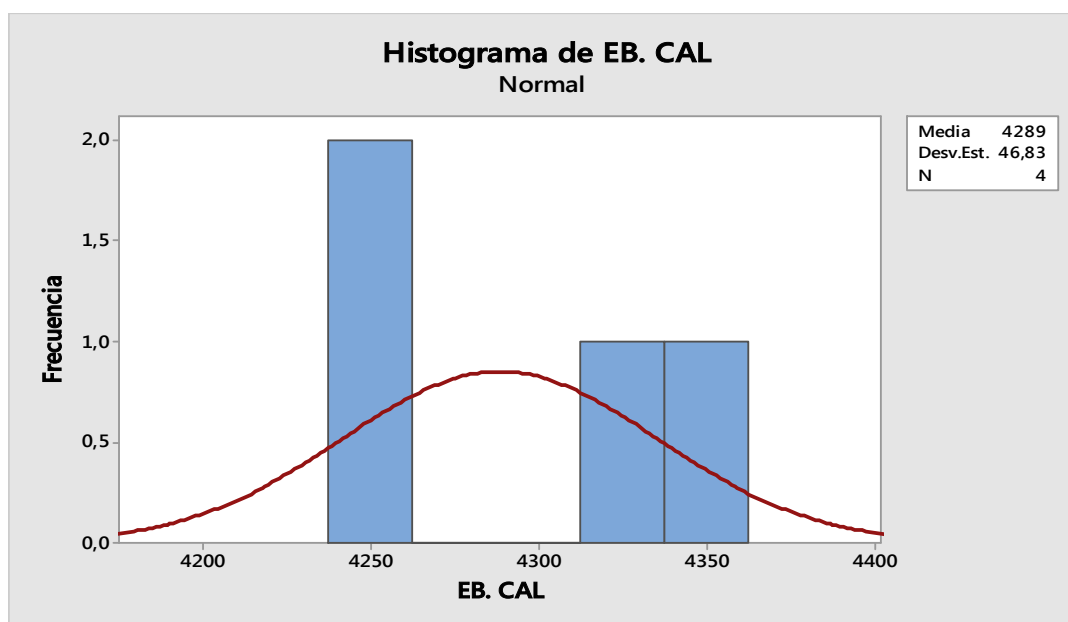


Gráfico 6-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 4198 con una desviación estándar de 27,59 y una distribución de frecuencias de tipo normal platicúrtica.

4.1.4. Subproducto Hoja de chocho

Tabla 4-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B. MAT (cal/g)	E.B. CAL (cal/g)
Guamote	1	14,07	3,63	18,89	24,71	38,70	3618,58	4053
	2	13,69	3,37	18,93	24,07	39,94	3621,15	4067
Palmira	1	11,39	3,57	17,47	31,97	35,59	3722,88	4184
	2	11,31	3,54	17,17	31,31	36,67	3724,38	4172
Quimiag	1	13,31	3,33	21,55	24,89	36,92	3634,44	3989
	2	14,02	3,42	21,55	24,09	36,92	3610,51	3953
San José de Chacón	1	13,54	3,56	14,00	30,27	38,61	3636,43	3999
	2	13,45	3,37	14,40	30,02	38,76	3630,34	3983
Chambo	1	11,51	3,12	22,11	23,73	39,53	3695,37	4128
	2	11,74	2,61	22,35	24,86	38,44	3661,25	4110
	1	14,91	3,62	16,52	21,99	42,95	3584,55	4077
	2	14,57	3,94	16,52	22,79	42,18	3614,24	4064

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

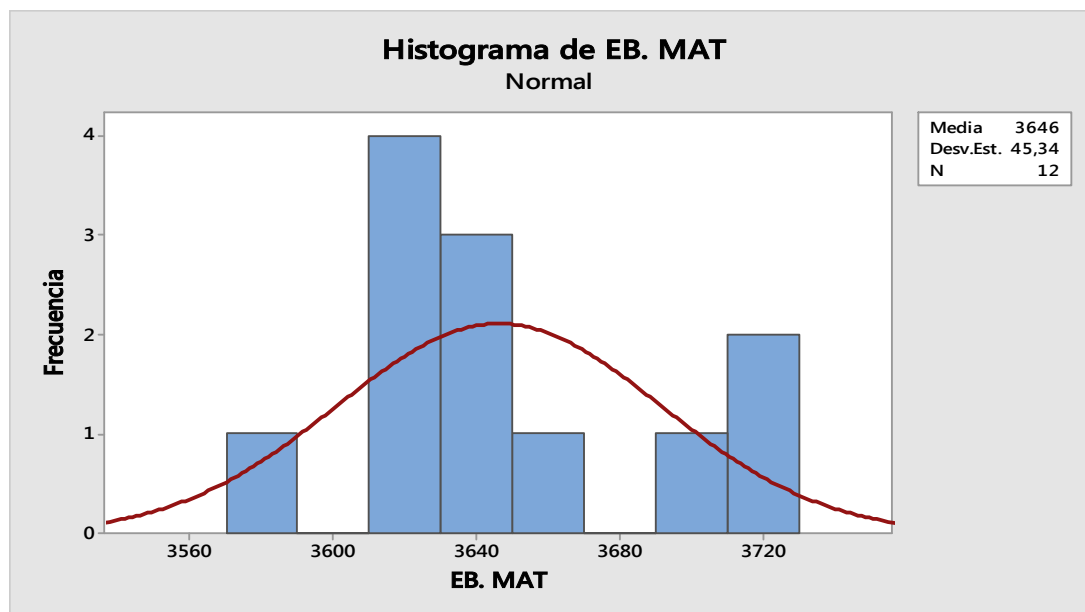


Gráfico 7-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 12 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3646 con una desviación estándar de 45,34 y una distribución de frecuencias de tipo normal platicúrtica.

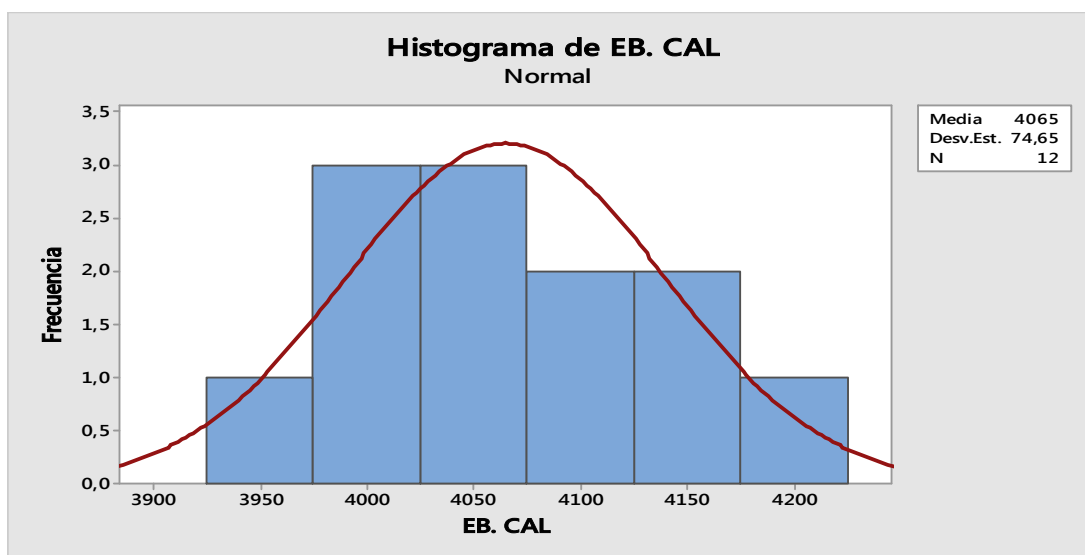


Gráfico 8-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 12 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3646 con una desviación estándar de 45,34 y una distribución de frecuencias de tipo normal leptocúrtica.

4.1.5. Subproducto Hoja de Maíz

Tabla 5-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Pungales	1	9,99	2,57	36,51	11,12	39,81	3728,98	3805
	2	9,84	2,56	35,57	12,70	39,32	3734,63	3823
Guano	1	14,02	2,63	30,62	20,20	32,54	3570,65	3857
	2	14,19	2,92	31,73	19,42	31,74	3578,21	3864
Guso	1	11,52	1,40	29,07	19,40	38,61	3609,09	3917
	2	11,57	2,06	29,84	18,22	38,32	3640,07	3943

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

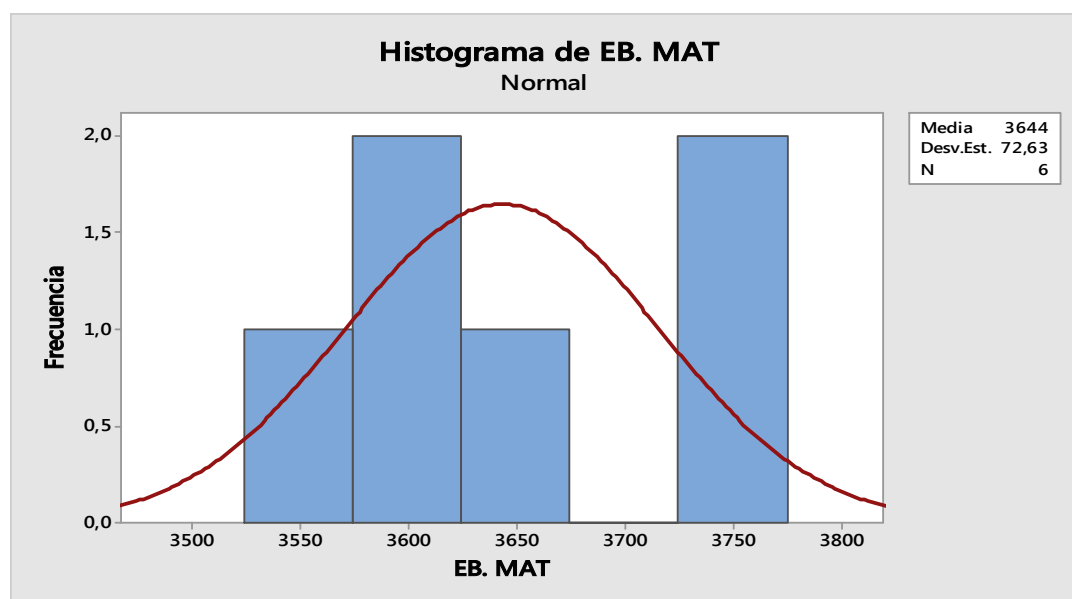


Gráfico 9-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 6 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3644 con una desviación estándar de 72,63 y una distribución de frecuencias de tipo normal mesocúrtica. No se presentan valores entorno a los 3700 cal/g.

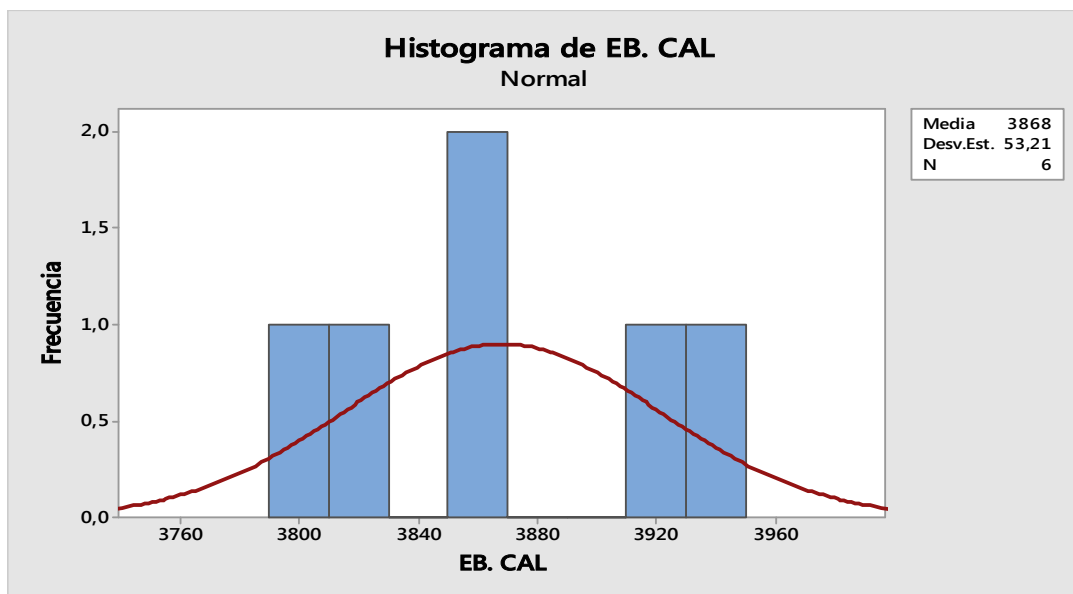


Gráfico 10-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 6 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3868 con una desviación estándar de 53,21 y una distribución de frecuencia de tipo normal platicúrtica. No se presentan valores entorno a los 3840 y 3880 cal/g.

4.1.6. Subproducto Hoja de Plátano

Tabla 6-4: Energía bruta determinada por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Pallatanga	1	9,52	3,30	34,20	21,32	31,66	3784,51	3896
	2	8,67	3,40	34,86	20,54	32,53	3823,26	3852
Guano- San Vicente de Elenpata	1	11,77	5,93	31,73	13,49	37,08	3825,59	3934
	2	11,52	7,35	32,50	14,30	34,32	3906,48	3914
Orellana – Coca	1	9,74	7,09	35,57	11,80	35,79	3964,87	4238
	2	9,78	6,07	36,46	12,59	35,10	3912,34	4245
Pallatanga	1	13,64	5,58	35,31	17,41	28,05	3733,64	4050
	2	13,32	5,44	31,53	17,85	31,86	3739,36	4002

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

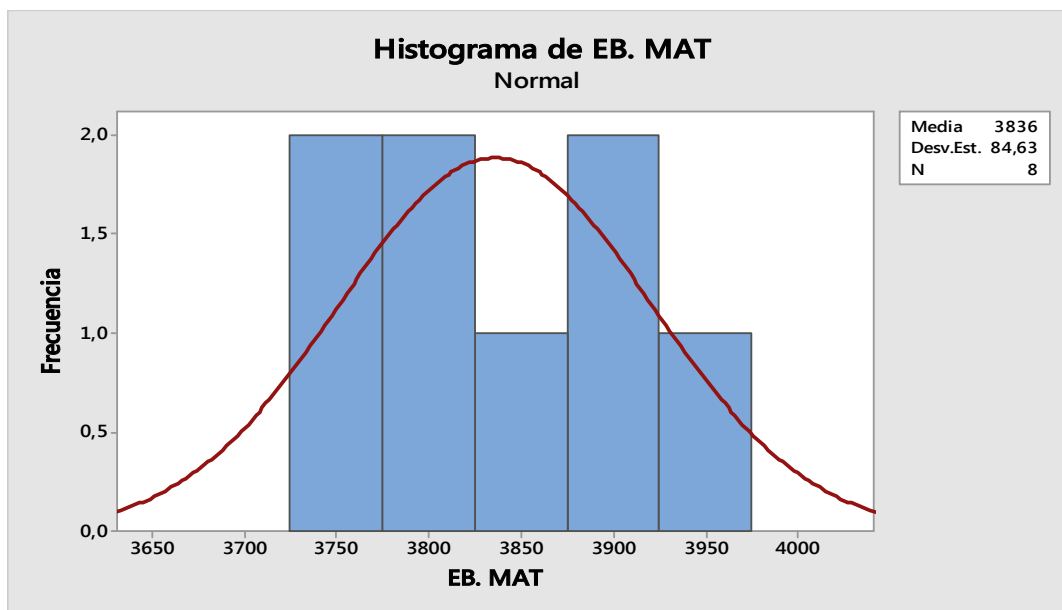


Gráfico 11-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay

Se observa que el conjunto de 8 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3836 con una desviación estándar de 84,63 y una distribución de frecuencias de tipo normal leptocúrtica.

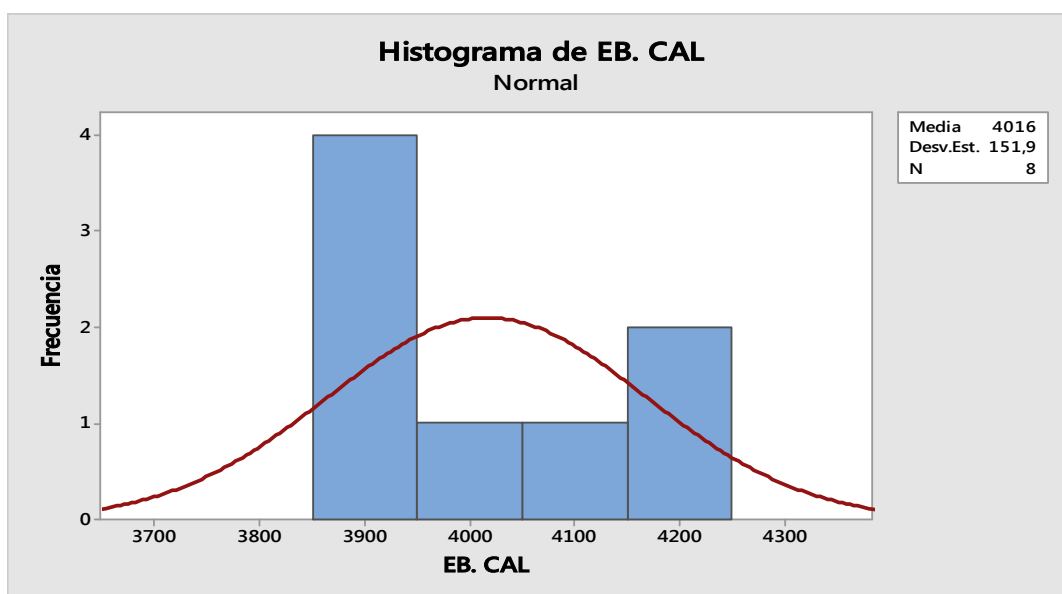


Gráfico 12-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay

Se observa que el conjunto de 8 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 4016 con una desviación estándar de 151,9 y una distribución de frecuencias de tipo normal platicúrtica.

4.1.7. Subproducto Polvillo de Quinua

Tabla 7-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Guano	1	10,09	3,80	20,01	13,12	52,98	3786,43	3802
	2	9,19	3,50	19,93	13,80	53,58	3807,32	3833
Guano	1	10,90	4,15	19,61	14,43	50,91	3771,54	3759
	2	11,74	3,99	19,16	14,42	50,68	3729,72	3723

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

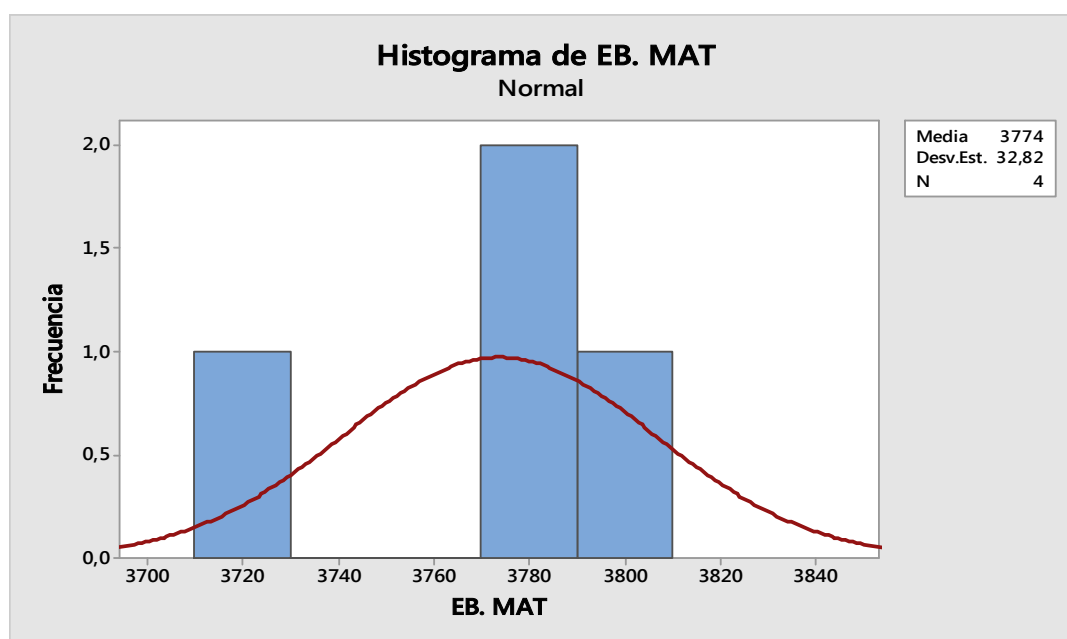


Gráfico 13-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3774 con una desviación estándar de 32,82y una distribución de frecuencias de tipo normal platicúrtica. Como se evidencia no se presentan valores entorno a los 3740 y 3760 cal/g.

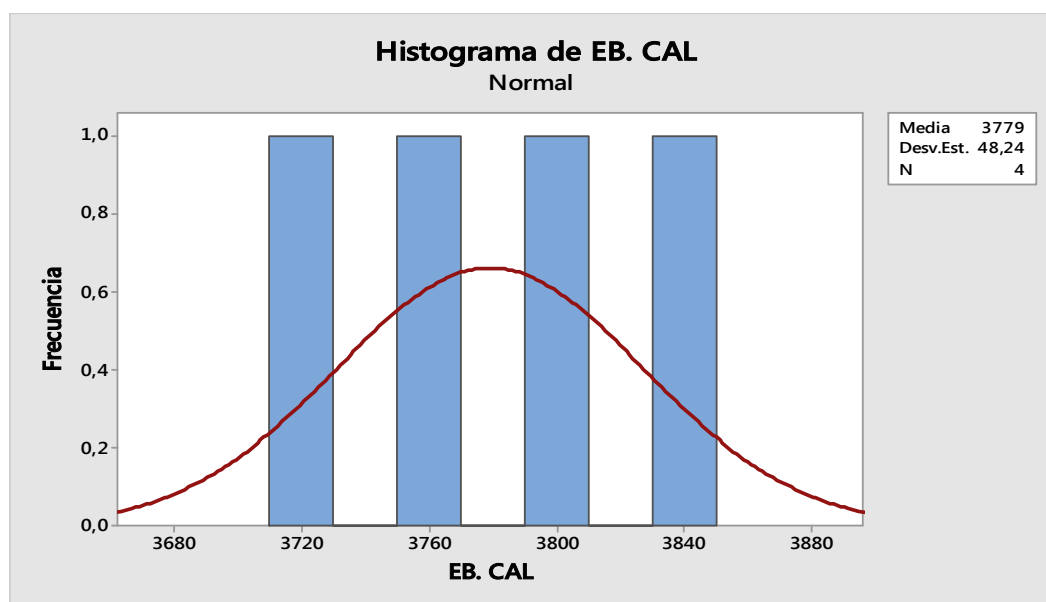


Gráfico 14-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3779 con una desviación estándar de 48,24 y una distribución de frecuencias de tipo normal mesocúrtica.

4.1.8. Subproducto Hoja de Camote

Tabla 8-4: Energía bruta obtenida por el método de estimación matemática y el método calorimétrico.

Procedencia	Repetición	% Ceniza BS	% EE BS	% FB BS	% PB BS	% ELN BS	E.B MAT (cal/g)	EB. CAL (cal/g)
Guadalupe Tungurahua	1	16,46	1,22	16,66	16,40	49,26	3402,38	3813
	2	16,24	1,51	17,03	17,36	47,86	3425,90	3828
Guadalupe Tungurahua	1	16,11	2,60	24,96	16,30	40,03	3485,49	3835
	2	16,92	2,42	24,73	17,62	38,31	3444,37	3824

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

A continuación se presenta la distribución de frecuencias de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

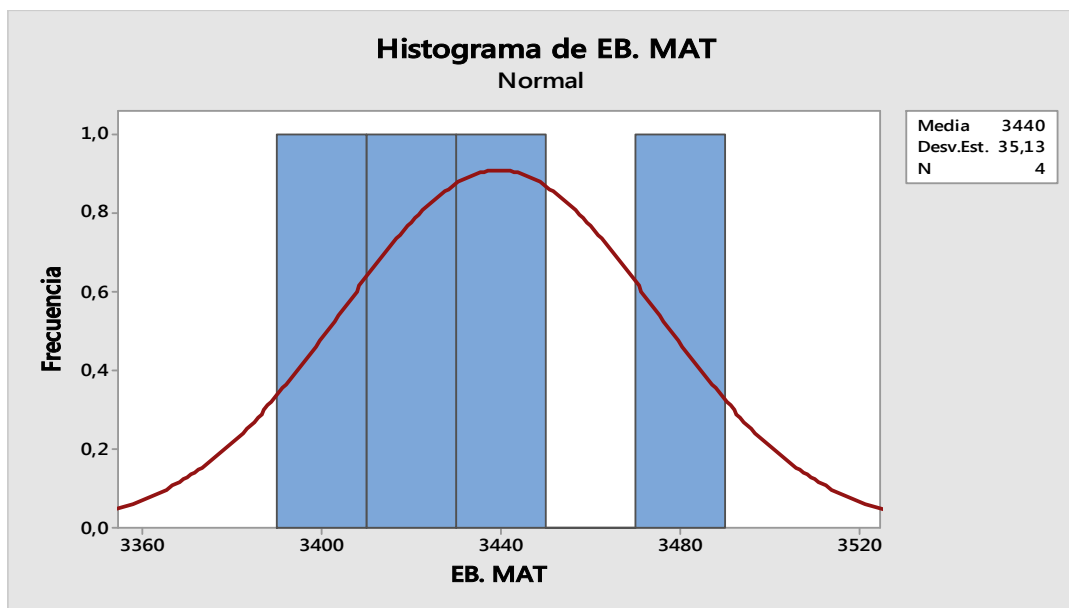


Gráfico 15-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por estimación matemática
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3440 con una desviación estándar de 35,13 y una distribución de frecuencias de tipo normal leptocúrtica.

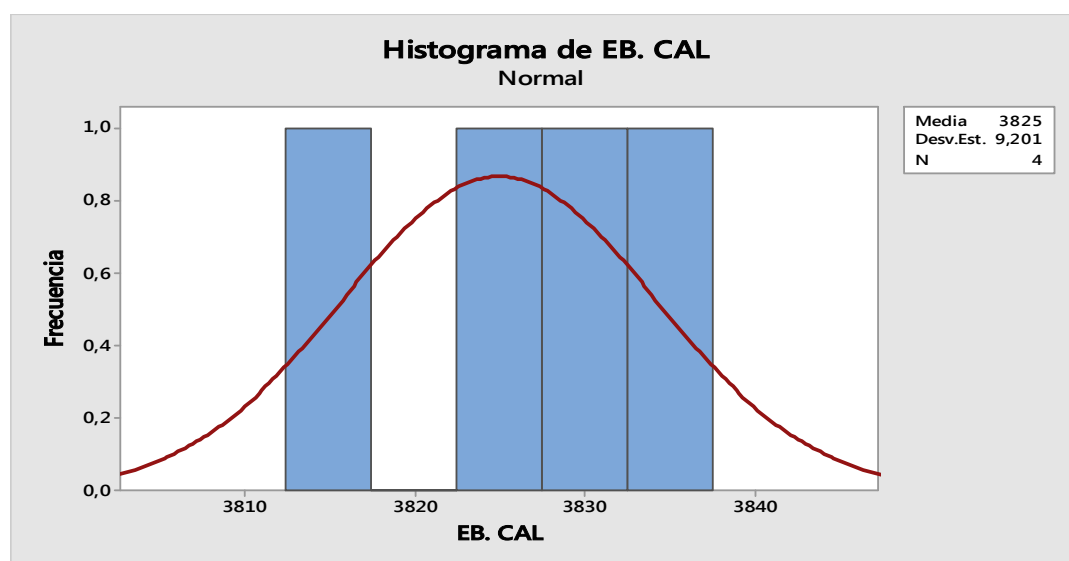


Gráfico 16-4: Distribución de frecuencias de energía bruta por método calorimétrico
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que el conjunto de 4 repeticiones presenta un valor promedio de energía bruta de 3825 con una desviación estándar de 9,201 y una distribución de frecuencias de tipo normal mesocúrtica.

4.2. Pruebas de Hipótesis

Selección del test estadístico adecuado para la demostración de hipótesis:

El test a aplicar depende del tipo de datos utilizados, tipo de distribución, la varianza y tamaño de muestra; siguiéndose el siguiente algoritmo de decisión:

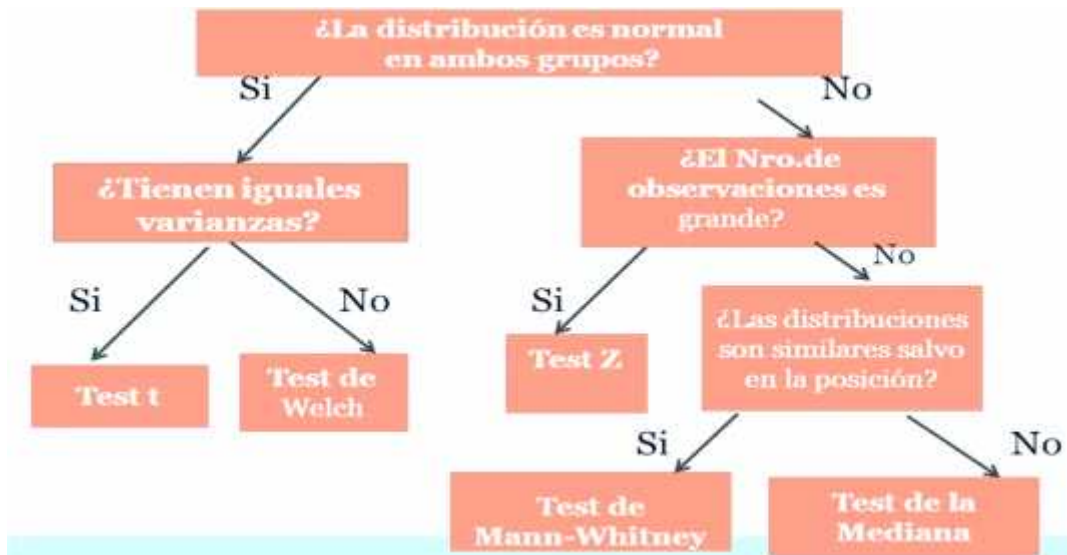


Figura. 1-4: Elección del método estadístico para la comparación de dos grupos de datos.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/1027493/>

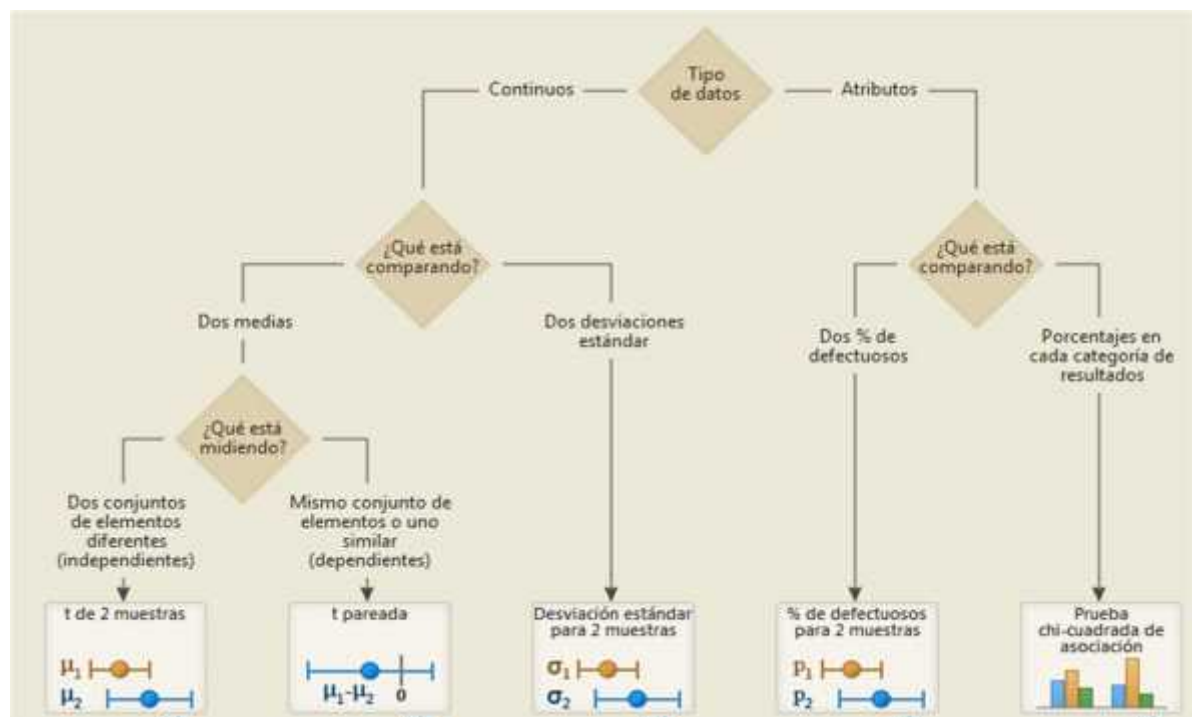


Figura. 2-4: Elección del método estadístico para la comparación de dos grupos de datos.

Fuente: Asistente Minitab, prueba de hipótesis.

Los valores obtenidos presentaron las siguientes características:

- Datos continuos
- Muestra de tamaño moderado
- Conjuntos de datos con distribución de frecuencias de tipo normal (confirmado por test de Anderson Darling)
- Varianzas heterogéneas

Lo anterior, aplicando el algoritmo de decisión, lleva a seleccionar al test t como método de análisis inferencial. Para definir si se aplica el Test t normal o el Test t de Welch, se requiere determinar los estadígrafos para cada conjunto de datos.

A continuación se presenta el cálculo de estadígrafos del conjunto de datos de energía bruta de los dos métodos. Se realizará únicamente de manera ilustrativa para el caso del subproducto tronco de brócoli, aplicándose la misma metodología para los casos restantes apoyados de un software estadístico Minitab 17 For Pc, versión demo.

4.2.1. Subproducto Tronco de Brócoli

Hipótesis

$$\mathbf{H_{01}: \mu_M = \mu_C}$$

$$\mathbf{H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C}$$

Dónde:

μ_M es la media representativa de los valores de energía bruta, obtenidos por el método de estimación matemática

μ_C es la media representativa de los valores de energía bruta, obtenidos por el método calorimétrico

El criterio de aceptación o rechazo de las hipótesis es:

$$\text{Si: } -t_{\text{tab}} < t_{\text{exp}} < +t_{\text{tab}}; \text{ entonces se acepta } H_{01}$$

$$\text{Si: } t_{\text{exp}} < -t_{\text{tab}} \text{ o } t_{\text{exp}} > +t_{\text{tab}}; \text{ entonces se rechaza } H_{01}, \text{ aceptándose } H_{a1}$$

Otra manera de verificar la hipótesis es realizarlo utilizando Minitab, en cuyo caso, se compara el valor p calculado con el nivel de significancia, teniéndose que:

Si $p > \alpha$; se acepta H_0

Si $p < \alpha$; se rechaza H_0 y se acepta H_a

Es importante conocer que para cualquier valor de $\alpha < \text{valor } p$, no se puede rechazar H_0 , y para cualquier valor de $\alpha > \text{valor } p$, se rechaza H_0 . Según ya se explicó en la sección 2.2.6.3.

4.2.1.1. Cálculo de estadígrafos.

Estadígrafos del método de estimación matemática

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{82694,45}{24}$$

$$\bar{x} = 3445,60$$

Desviación Estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{355748,49}{24 - 1}}$$

$$s = \sqrt{15467,33}$$

$$s = 124,37$$

Varianza

$$s^2 = (124,37)^2$$

$$s^2 = 15467,33$$

Estadígrafos del método calorimétrico

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{84544}{24}$$

$$\bar{x} = 3522,67$$

Desviación Estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{254013,33}{24 - 1}}$$

$$s = \sqrt{11044,06}$$

$$s = 105,09$$

Varianza

$$s^2 = (105,09)^2$$

$$s^2 = 11044,06$$

Tabla 9-4: Estadígrafos del subproducto tronco de brócoli, tanto del método de estimación matemática y método calorimétrico

Estadígrafos	Método Estimación Matemática	Método Calorimétrico
Media	3445,60	3522,67
Desviación estándar	124,37	105,09
Varianza	15467,33	11044,06

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Tabla 10-4: Estadígrafos de los 7 subproductos agrícolas restantes.

SUBPRODUCTO	PARÁMETRO	E.B. MAT	E.B. CAL
Hoja de zanahoria	Media	3426,24	3629,12
	Desv. Estándar	109,87	119,46
	Var	12071,17	14270,59
Chaqui Sara	Media	4197,55	4288,50
	Desv. Estándar	27,59	46,83
	Var	761,00	2193,00
Hoja de Chocho	Media	3646,18	4064,92
	Desv. Estándar	45,34	74,65
	Var	2055,30	5572,45
Hoja de maíz	Media	3643,60	3868,17
	Desv. Estándar	72,63	53,21
	Var	5275,61	2831,37
Polvillo de quinua	Media	3773,75	3779,25
	Desv. Estándar	32,82	48,24
	Var	1077,02	2326,92
Hoja de camote	Media	3439,54	3825,00
	Desv. Estándar	35,13	9,20
	Var	1234,06	84,67
Hoja de Plátano	Media	3836,26	4016,38
	Desv. Estándar	84,63	151,89
	Var	7162,89	23071,41

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

De los resultados obtenidos se puede verificar que las varianzas de los ocho subproductos no son homogéneas; es decir sus valores presentan alta variabilidad, no siendo comparables. Por lo que se evidencia que el test a aplicar es el Test t de Welch.

4.2.1.2. Cálculo del test t de Welch y grados de libertad

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s^2_1}{n_1} + \frac{s^2_2}{n_2}}}$$

Donde:

t= Estadístico equivalente a t de Student

\bar{x}_1 = Media aritmética del grupo 1

\bar{x}_2 = Media aritmética del grupo 2

s^2_1 = Varianza del grupo 1

s^2_2 = Varianza del grupo 2

n_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1

n_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2

$$t = \frac{3445,60 - 3522,67}{\sqrt{\frac{15467,33}{24} + \frac{11044,06}{24}}}$$

$$t = -2,32$$

Cálculo de los grados de libertad

$$gL = \frac{(S_1^2 + S_2^2)^2}{\left(\frac{(S_1^2)^2}{n_1 - 1} + \frac{(S_2^2)^2}{n_2 - 1}\right)}$$

Donde:

s^2_1 = Varianza del grupo 1

s^2_2 = Varianza del grupo 2

n_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1

n_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2

$$gL = \frac{(15467,33 + 11044,06)^2}{\left(\frac{15467,33^2}{24 - 1} + \frac{11044,06^2}{23 - 1}\right)} = 44,75 \rightarrow 44$$

El valor obtenido, por convención relativa al método, se redondea al entero inferior, por lo que se usa el valor de 44.

Revisando en una tabla de valores t, a 0,05 de significancia y 44 grados de libertad se obtiene un valor t tabulado de 2,02.

Teniéndose que el valor de t calculado (-2,32) es menor que -t tabulado (2,02), de acuerdo al criterio indicado en el apartado 4.2.1, se rechaza la hipótesis nula, aceptándose la alternativa; es decir, para el caso de tronco de brócoli, los métodos calorimétrico y de estimación matemática no pueden considerarse estadísticamente similares.

Para verificar los resultados, se corre el test utilizando Minitab, obteniéndose los siguientes valores:

T de dos muestras para mat vs. cal

			Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.
mat	24	3446	124
cal	24	3523	105

Diferencia = μ (mat) - μ (cal)

Estimación de la diferencia: -77,1

IC de 95% para la diferencia: (-144,0; -10,1)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -2,32 Valor p = 0,025 GL = 44

Como puede observarse, $p <$, por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_a ; confirmándose que los dos métodos no pueden considerarse estadísticamente similares.

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

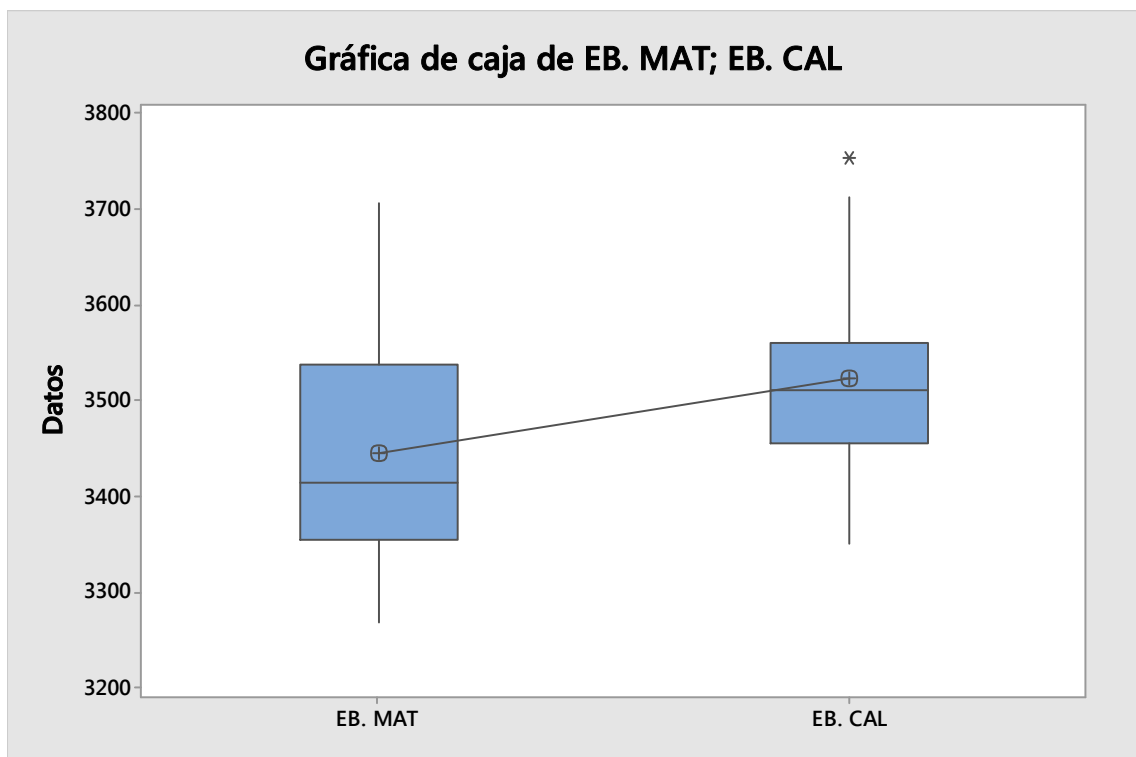


Gráfico 17-4: Gráfica de caja del subproducto tronco de brócoli
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- La mediana del método calorimétrico es similar a su media, mientras que la mediana y media del método de estimación matemático son distintas.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es levemente mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, con la excepción que el método de estimación matemática tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método calorimétrico.
- La gráfica no incluye un valor atípico del método calorimétrico.

4.2.2. Subproducto Hoja de Zanahoria

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

Para facilitar cálculos se corrió el test t de Welch en Minitab 17 For Pc, obteniendo los siguientes resultados.

T de dos muestras para MAT vs. CAL

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
MAT	26	3426	110	22
CAL	26	3629	119	23

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -202,9

IC de 95% para la diferencia: (-266,8; -138,9)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -6,37 Valor p = 0,000 GL = 49

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de la muestras no son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta difieren entre sí.

Otra manera de confirmarlo la H_{01} es comparando el valor de p y el nivel de significancia, como el valor de $p < \alpha$ se rechaza la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

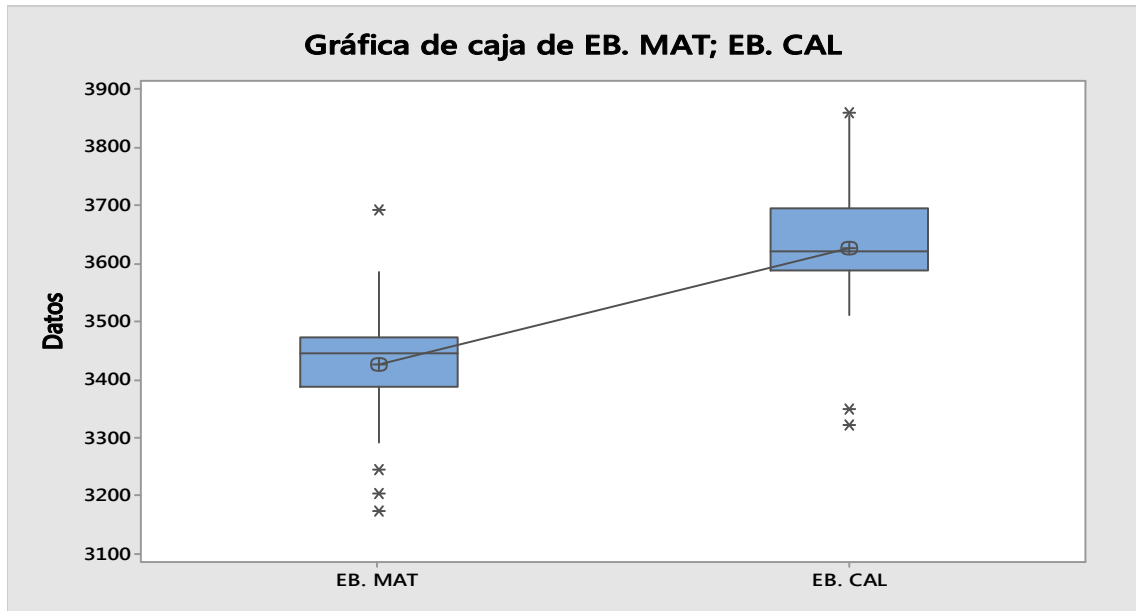


Gráfico 18-4: Gráfica de caja del subproducto hoja de zanahoria
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación.

- La mediana del método calorimétrico es similar a su media, mientras que la mediana y media del método de estimación matemática están cercanas.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, con la excepción que el método calorimétrico tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método de estimación matemática.
- La gráfica del método de estimación matemática no incluye 4 valores atípicos mientras que el calorimétrico no incluye 3.

4.2.3. Subproducto Chaqui Sara

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

			Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.
MAT	5	4049	332
CAL	5	4155	301

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -106

IC de 95% para la diferencia: (-580; 369)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -0,53 Valor p = 0,615 GL = 7

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 si está dentro del intervalo de confianza, se puede aceptar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta son similares entre sí.

Otra manera común de afirmar lo dicho anteriormente es comparar el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de p se acepta la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

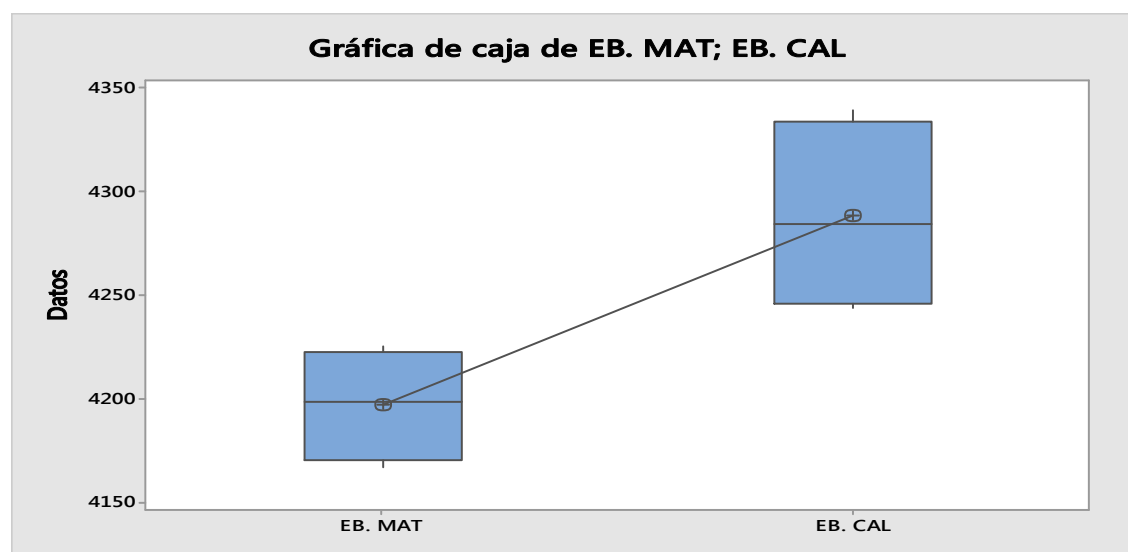


Gráfico 19-4: Gráfica de caja del subproducto Chaqui Sara

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- Las medianas para cada muestra son muy similares a las medias.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es levemente mayor a la de estimación matemática considerando la escala utilizada.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, con la excepción que el método calorimétrico tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método de estimación matemática.
- En este caso la gráfica no detecta valores atípicos

4.2.4. Subproducto Hoja de Chocho

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
MAT	12	3646,2	45,3	13
CAL	12	4064,9	74,6	22

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -418,7

IC de 95% para la diferencia: (-471,7; -365,8)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -16,61 Valor p = 0,000 GL = 18

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras no son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta difieren entre sí.

Otra manera común de rechazar la H_{01} es comparando el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de $p <$ se rechaza la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

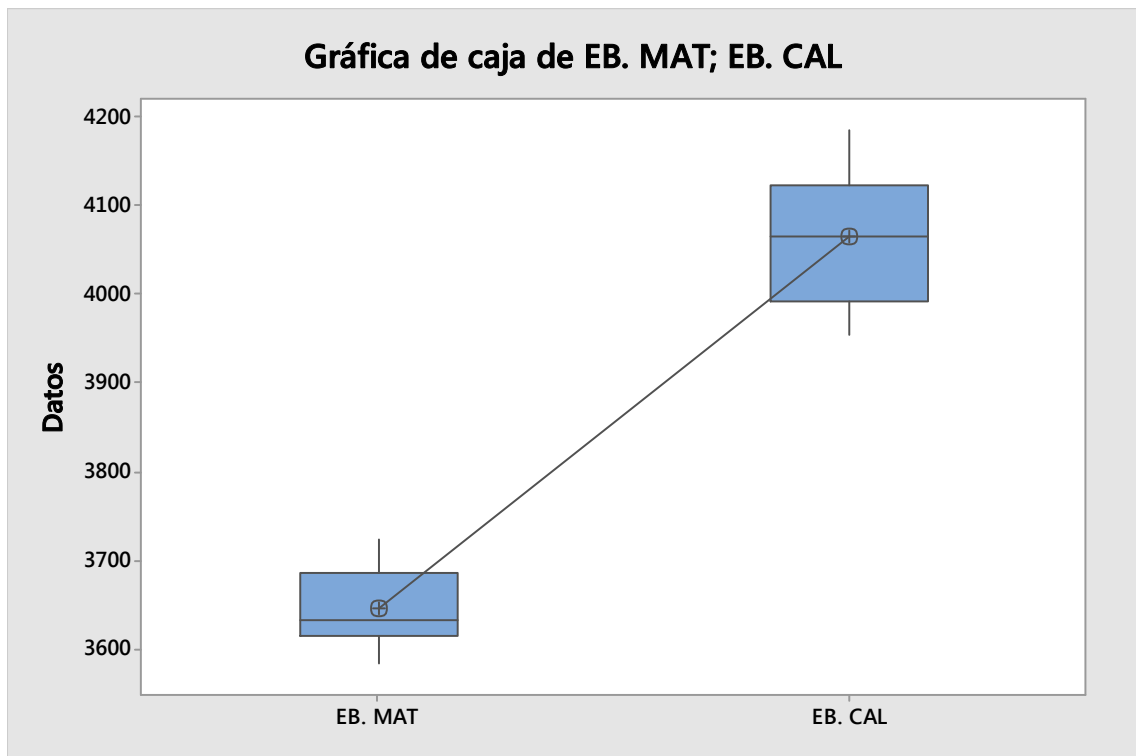


Gráfico 20-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- Las medianas para cada muestra son muy similares a las medias.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, con la excepción que el método calorimétrico tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método de estimación matemática.
- En este caso la gráfica no detecta valores atípicos.

4.2.5. Subproducto Hoja de Maíz

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
MAT	6	3643,6	72,6	30
CAL	6	3868,2	53,2	22

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -224,6

IC de 95% para la diferencia: (-307,7; -141,4)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -6,11 Valor p = 0,000 GL = 9

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras no son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta difieren entre sí.

Otra manera común de rechazar la H_{01} es comparando el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de $p <$ se rechaza la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

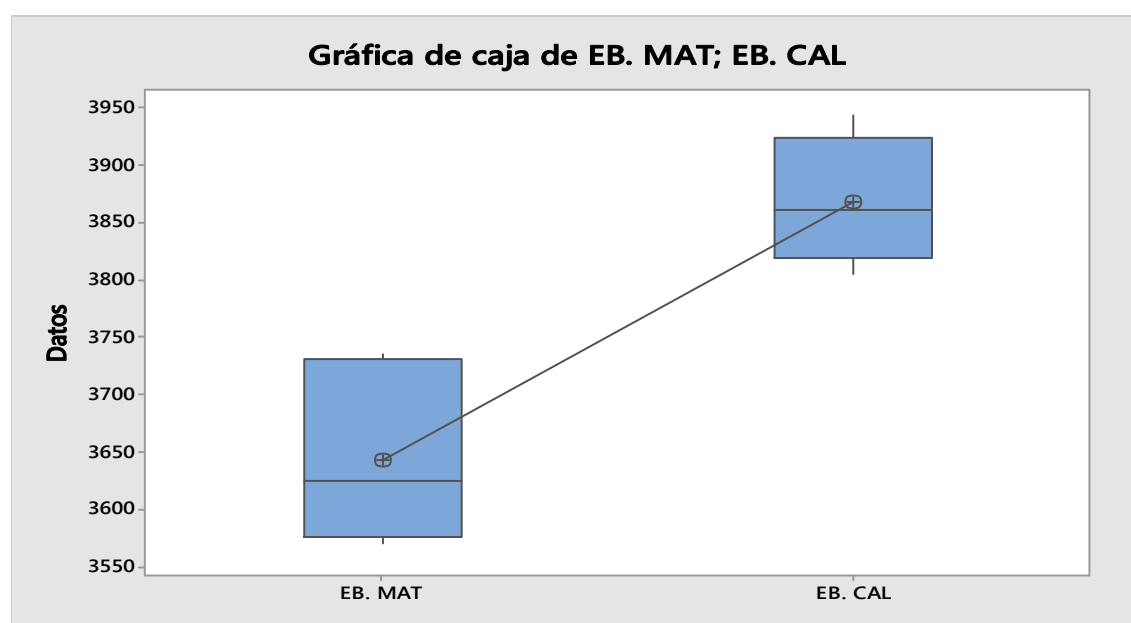


Gráfico 21-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- La mediana del método calorimétrico es muy similar a su media, mientras que la mediana y media del método de estimación matemática son distintas.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece no ser similar para los dos métodos, es notorio que el método calorimétrico tiene la cola superior e inferior más alargada que la cola superior e inferior del método de estimación matemática.
- En este caso la gráfica no detecta valores atípicos.

4.2.6. Subproducto Polvillo de Quinua

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

			Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.
MAT	4	3773,8	32,8
CAL	4	3779,3	48,2

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -5,5

IC de 95% para la diferencia: (-80,5; 69,5)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -0,19 Valor p = 0,858 GL = 5

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 si está dentro del intervalo de confianza, se puede aceptar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta son similares entre sí.

Otra manera común de afirmar lo dicho anteriormente es comparar el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de p se acepta la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

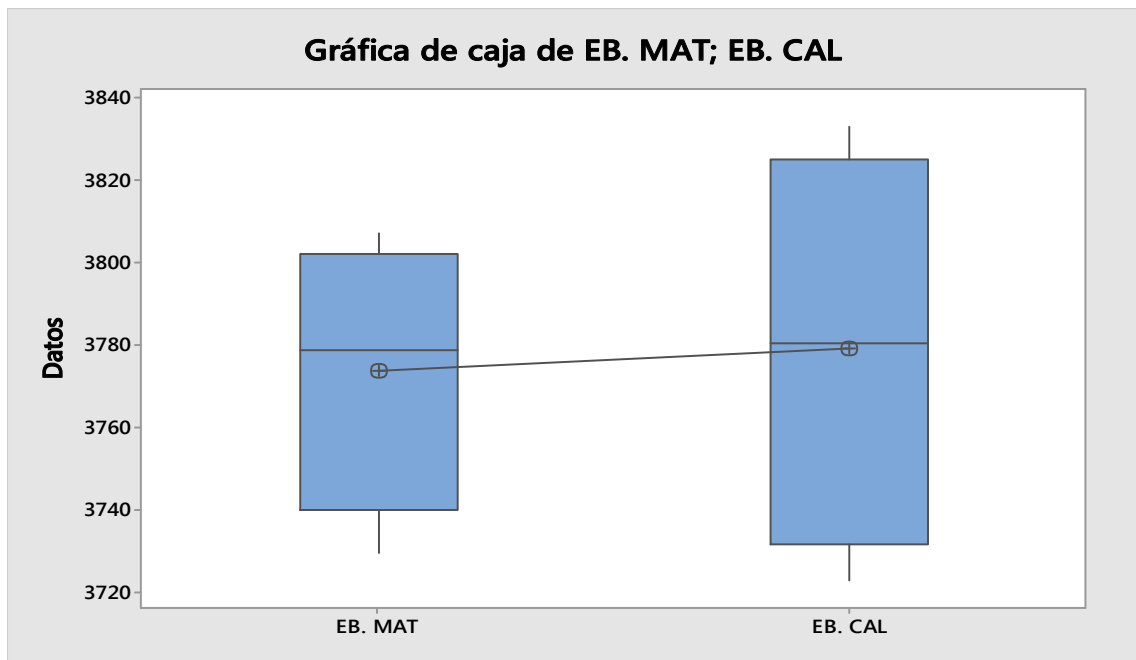


Gráfico 22-4: Gráfica de caja del subproducto Polvillo de Quinua

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- La mediana del método calorimétrico es muy similar a su media, mientras que la mediana y media del método de estimación matemática son distintas.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es similar a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, con la excepción que el método calorimétrico tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método de estimación matemática.
- En este caso la gráfica no evidencia valores atípicos.

4.2.7. Subproducto Hoja de Camote

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a1}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

			Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.
MAT	4	3439,5	35,1
CAL	4	3825,00	9,20

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -385,5

IC de 95% para la diferencia: (-443,2; -327,7)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -21,23 Valor p = 0,000 GL = 3

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras no son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta difieren entre sí.

Otro método para probar es comprar el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de $p <$ se rechaza la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

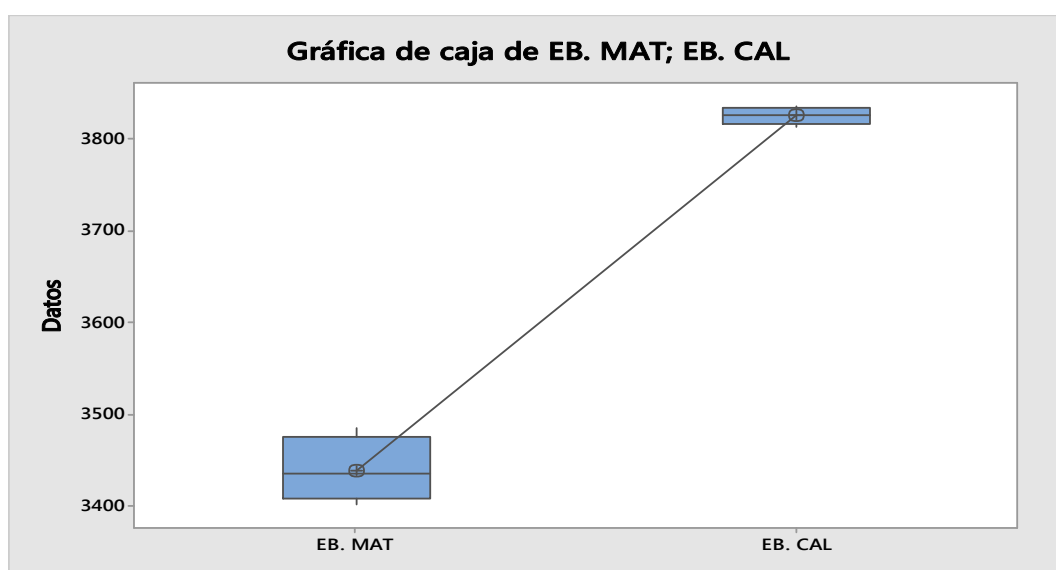


Gráfico 23-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- La mediana de cada muestra de los dos métodos son iguales a la media.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es mucho mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece no ser similar para los dos métodos, es notorio que el método de estimación matemática tiene la cola superior levemente más alargada que la cola del método calorimétrico.
- En este caso la gráfica no detecta valores atípicos.

4.2.8. Subproducto Hoja de Plátano

$$H_{01}: \mu_M = \mu_C$$

$$H_{a2}: \mu_M \neq \mu_C$$

T de dos muestras para MAT vs. CAL

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
MAT	8	3836,3	84,6	30
CAL	8	4016	152	54

Diferencia = μ (MAT) - μ (CAL)

Estimación de la diferencia: -180,1

IC de 95% para la diferencia: (-317,1; -43,1)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.): Valor T = -2,93 Valor p = 0,015 GL = 10

Interpretación

Dado que el valor de referencia de 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar la H_{01} con una confianza de 95% y concluir que la media de las muestras no son las mismas, es decir, que los métodos de estimación de energía bruta difieren entre sí.

Otra manera común de rechazar la H_{01} es comparando el valor de p y el nivel de significancia (), como el valor de $p <$ se rechaza la H_{01} .

A continuación se presenta la gráfica de caja de valores de energía bruta obtenidos por los dos métodos:

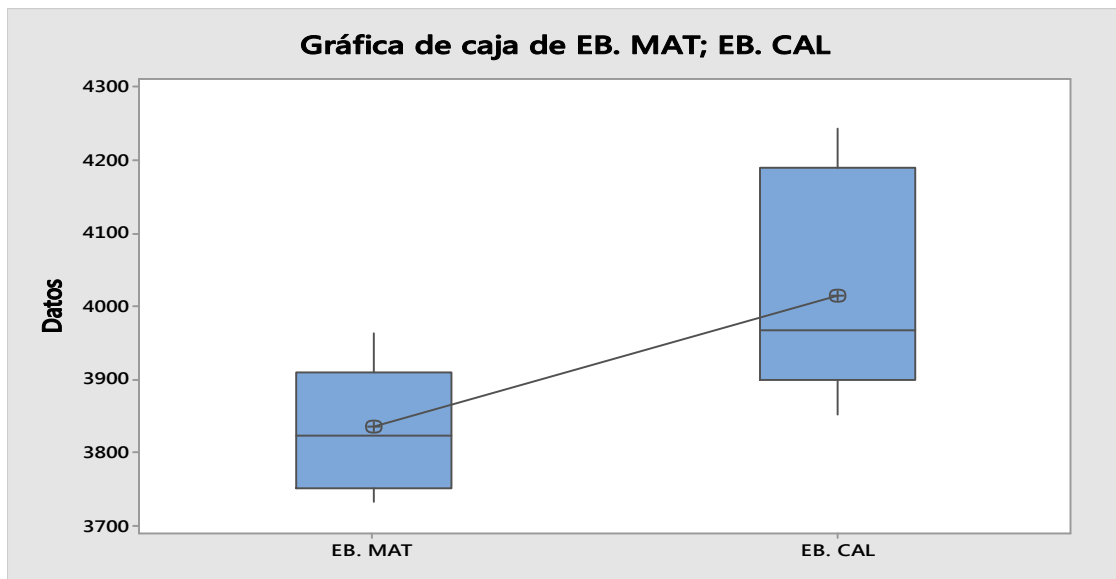


Gráfico 24-4: Gráfica de caja del subproducto Hoja de Chocho

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Interpretación

- La mediana del método calorimétrico no es similar a su media, mientras que la mediana y media del método de estimación matemático son similares.
- La media de la energía bruta determinada por el método calorimétrico es mayor a la de estimación matemática.
- La dispersión de los datos parece ser similar para los dos métodos, es notorio que el método de calorimétrico tiene la cola inferior más alargada que la cola del método de estimación matemática.
- En este caso la gráfica no detecta valores atípicos.

4.2.9. Estudio de la diferencia observada en los seis casos de subproductos donde se rechaza la hipótesis nula H_0

Una vez determinado que para los casos tronco de brócoli, hoja de zanahoria, hoja de maíz, hoja de plátano, hoja de camote y hoja de chocho se debe rechazar la H_{01} y aceptar la H_{a1} , se hace necesario determinar qué tipos de diferencia y en qué medida difieren estos dos métodos. Preliminarmente se observó que los valores obtenidos por estimación matemática son menores que los obtenidos por método calorimétrico, para verificar de manera estadística se hizo necesario aplicar en primer lugar análisis de la totalidad de datos, obteniéndose los siguientes resultados:

Los grupos de datos presentan una distribución normal, el tamaño de las muestras es suficientemente grande con varianzas no homogéneas.

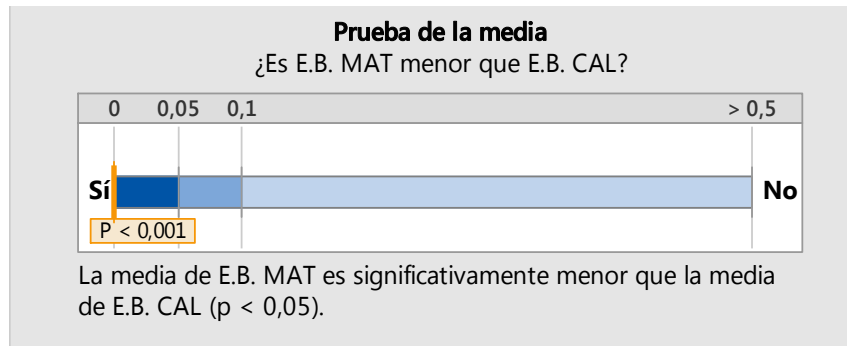


Gráfico 25-4: Prueba de la media
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

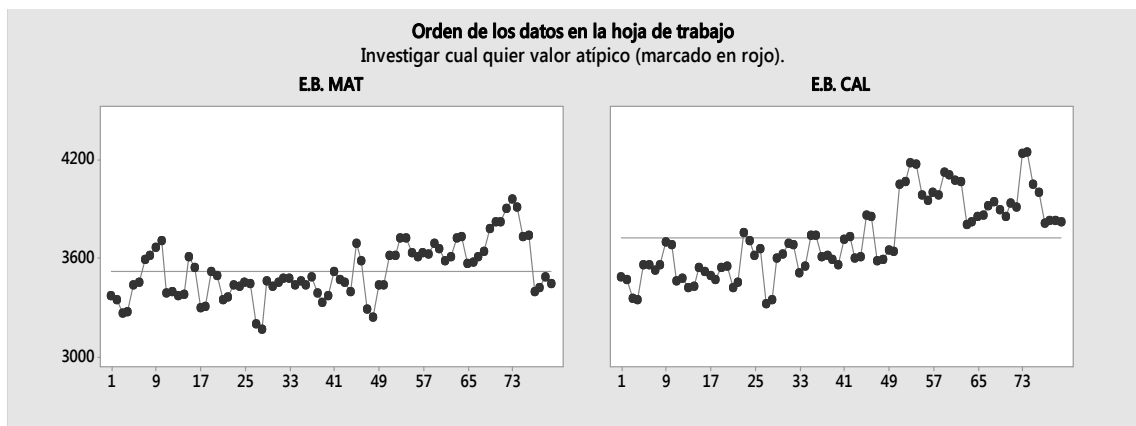


Gráfico 26-4: Diagrama de valores de los dos métodos.
Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Para verificar el comportamiento en cada subproducto, se procedió a aplicar test de hipótesis para cada subproducto:

$$H_{02}: \mu_M < \mu_C$$

$$H_{a2}: \mu_M \geq \mu_C$$

$$\text{Si: } t_{\text{exp}} < t_{\text{tab}} \text{ se acepta la } H_{02}$$

$$t_{\text{exp}} \geq t_{\text{tab}} \text{ se acepta la } H_{a2}$$

Se corre el test t de Welch nuevamente de manera similar a lo desarrollado en el apartado 4.2.1 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11-4: Resultados del test t de Welch aplicado a los seis subproductos que no presentan similaridad estadística

SUBPRODUCTO	t exp	t tab	RESULTADO	CONCLUSIÓN	SIGNIFICADO
Tronco de brócoli	-2,32	1,68	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$
Hoja de zanahoria	-6,32	1,67	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$
Hoja de maíz	-6,11	1,83	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$
Hoja de chocho	-16,61	1,73	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$
Hoja de plátano	-2,93	1,81	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$
Hoja de camote	-21,23	2,35	t exp < t tab	Ho ₂ se acepta	$\mu_M < \mu_C$

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Siendo evidente que en todos los casos $\mu_M < \mu_C$ se confirma la presencia de sesgo hacia valores más bajos cuando se aplica la estimación matemática. Cuantitativamente, el sesgo se calculó como:

$$sesgo = \mu_M - \mu_C$$

$$porcentaje\ de\ sesgo = \frac{\mu_M - \mu_C}{\mu_C} \times 100\%$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12-4: Resultados de sesgo

SUBPRODUCTO	μ_M (cal/g)	μ_C (cal/g)	SESGO	SESGO %
Tronco de brócoli	3445,6	3622,67	-177,07	-4,89
Hoja de zanahoria	3426,24	3629,12	-202,88	-5,59
Hoja de chocho	3646,18	4064,92	-418,74	-10,30
Hoja de maíz	3643,6	3868,17	-224,57	-5,81
Hoja de camote	3439,54	3825	-385,46	-10,08
Hoja de plátano	3836,26	4016,38	-180,12	-4,48

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se debe tener en cuenta que el signo “-” de los porcentajes obtenidos de sesgo hace referencia a que los valores de energía bruta obtenidos por el método de estimación matemática son menores con respecto al método calorimétrico.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Análisis bromatológicos de los 8 subproductos agrícolas.

Del resultado obtenido del análisis bromatológico aplicado a los 8 subproductos agrícolas se puede determinar que la ceniza presenta valores entre el 1,68 – 22,22 %; extracto etéreo entre 1,17 - 7,35 %; fibra entre 14 – 44,23%; proteína entre 9,34 – 31,97 % y extracto libre de nitrógeno entre 22,53 – 64,97 %, todos estos valores están expresados en base seca. Realizando una comparación de la data recolectada, se tiene los siguientes resultados presentados en las siguientes tablas:

Tabla 13-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de la composición química de los subproductos.

SUBPRODUCTO	RANGO (%)	CENIZA	RANGO (%)	FIBRA BRUTA	RANGO (%)	PROTEÍNA BRUTA
Tronco de brócoli	2-21,6	Cumple	1,3-45,9	Cumple	1,4-18	Cumple
Hoja de zanahoria	1,3-24	Cumple	3-30,5	Cumple	1,2-30	Cumple
Hoja de chocho	6-16,5	Cumple	2,8- 29	Cumple	14,7-42	Cumple
Hoja de maíz	2,6-17	Cumple	9,6-37	Cumple	2,8-20	Cumple
Chaqui Sara	0,8-6,8	Cumple	3-19,2	Cumple	11,8-35,2	Cumple
Hoja de Camote	11,8-17,5	Cumple	2,8-17,9	Cumple	3,6-23,3	Cumple
Hoja de plátano	2,5-16,1	Cumple	21,4-36,4	Cumple	2,2-18,3	Cumple
Polvillo de quinua	2,8-11,9	Cumple	5-20,7	Cumple	11-17,3	Cumple

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Tabla 14-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de la composición química de los subproductos.

SUBPRODUCTO	RANGO (%)	EXTRACTO ETÉREO	RANGO (%)	ELN
Tronco de brócoli	0,4-4,6	Cumple	5,5-52,4	Cumple
Hoja de zanahoria	0,9-4,2	Cumple	31,5-90,9	Cumple
Hoja de chocho	1,7-15	Cumple	2,6-40,5	Cumple
Hoja de maíz	0,7-2,9	Cumple	21,3-54,4	Cumple
Chaqui Sara	4,9-10,9	Cumple	44,8-67,7	Cumple
Hoja de Camote	0,6-3,6	Cumple	6,7-49,7	Cumple
Hoja de plátano	1-10,5	Cumple	82,2	Cumple
Polvillo de quinua	2-7,1	Cumple	50,8-63,1	Cumple

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016¹

¹ Todos los porcentajes de la composición química de los ocho subproductos agrícolas fueron obtenidos del libro “Composición Química de los Alimentos Zootécnicos Ecuatorianos” de JARRÍN A., y ÁVILA S. (1993).

Se observa en la Tabla 11-4 y Tabla 12-4 que los valores obtenidos en la composición química de los ocho subproductos en la presente investigación concuerdan y cumplen con los límites permisibles ya antes obtenidos por JARRÍN A., y ÁVILA S., 1993.

En ciertos subproductos como el Chaqui Sara, hoja de plátano y polvillo de quinua presentan valores más altos en extracto etéreo (grasa).

Por otra parte los subproductos tronco de brócoli, hoja de zanahoria y hoja de camote presentan un alto contenido de cenizas.

4.3.2. Valores de energía bruta

Robbins (1993) obtuvo valores del contenido energético de varias partes de la planta de una comunidad vegetal, en hojas determinó que poseen 4220 cal/ g y en tallos 4267 cal/ g, en el presente estudio se encontraron valores que oscilan entre 3174,56 - 4225,53 cal/ g por el método de estimación matemática, y por el calorimétrico valores de 3324 – 4340 cal/ g, lo que evidencia que los valores encontrados están dentro de lo estimado en aquella investigación.

Realizando una comparación de la data recolectada con lo estimado por JARRÍN A., Y ÁVILA S., (1993), se tiene los siguientes resultados presentados en la siguiente tabla:

Tabla 15-4: Resultados de la comparación de los datos obtenidos de energía bruta de los subproductos.

SUBPRODUCTO	RANGO (cal/g)	ENERGÍA BRUTA
Tronco de brócoli	1678-3661	Cumple
Hoja de zanahoria	1601-3992	Cumple
Hoja de chocho	1227- 4190	Cumple
Hoja de maíz	1411-3970	Cumple
Chaqui Sara	3993-4361	Cumple
Hoja de Camote	600-3896	Cumple
Hoja de plátano	1694-4272	Cumple
Polvillo de quinua	3240-3840	Cumple

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016²

Como se puede apreciar en la Tabla 13-4 los valores de energía bruta determinados experimentalmente en esta investigación cumplen con lo establecido en investigaciones anteriores realizadas por JARRÍN A., Y ÁVILA S., (1993).

² Todos los valores de energía bruta de los ocho subproductos agrícolas fueron obtenidos del libro “Composición Química de los Alimentos Zootécnicos Ecuatorianos” de JARRÍN A., y ÁVILA S., 1993.

Según Cañas R. y Aguilar C. (1992), establecen que la energía bruta se relaciona con la cantidad de macronutrientes, mientras más rico sea un alimento en grasa tendrá un valor mayor de energía, por otro lado afirman que un factor que afecta el valor de combustión es el contenido de cenizas y agua, al no ser combustibles disminuyen el porcentaje de energía bruta del alimento, en el presente trabajo se verifica que los subproductos Chaqui sara, polvillo de quinua y hoja de plátano poseen un alto contenido de grasa y por ende los valores de energía bruta de estos son los más altos, mientras que los subproductos tronco de brócoli, hoja de zanahoria, hoja de camote y hoja de maíz presentan un alto contenido de humedad y cenizas, dando valores más bajos energía bruta.

4.3.3. Comparación entre los métodos.

El grupo de datos obtenidos por los dos métodos fueron analizados mediante la prueba de Anderson – Darling, la misma que dio a conocer que se trataban de curvas con distribución normal en los 8 subproductos no convencionales agrícolas.

Para realizar la comparación estadística entre el método de estimación matemática y calorimétrico se determinaron como primer punto los estadígrafos (medias, desviación estándar y varianza) de cada subproducto obteniendo los resultados que se indican en la tabla 10-4. De esta tabla se puede observar claramente que las varianzas de todos los subproductos no son homogéneas, es por eso que se procede a aplicar el test t de Welch.

De la aplicación del test t de Welch mediante el programa Minitab 17 For Pc a todas las muestras, se obtuvo que seis de los subproductos rechazan la H_{01} , dado que el valor de referencia 0 no se encuentra dentro del nivel de significancia, además, el valor p siendo menor que el nivel de significancia ratifica el rechazo de la H_{01} .

De los resultados que arroja el test se puede destacar que:

- El subproducto tronco de brócoli presenta un valor $t = -2,32$ con un nivel de significancia de 0,05; un valor $p = 0,025$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .
- El subproducto hoja de zanahoria presenta un valor $t = -6,37$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,000$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .
- El subproducto Chaqui Sara presenta un valor $t = -0,53$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,615$; por lo que se rechaza la H_{a1} y acepta la H_{01} .
- El subproducto hoja de chocho presenta un valor $t = -16,61$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,000$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .

- El subproducto hoja de maíz presenta un valor $t = -6,11$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,000$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .
- El subproducto Hoja de plátano presenta un valor $t = -2,93$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,015$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .
- El subproducto polvillo de quinua presenta un valor $t = -0,19$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,858$; por lo que se rechaza la H_{a1} y acepta la H_{01} .
- El subproducto Hoja de camote presenta un valor $t = -21,23$ con un nivel de significancia 0,05; un valor $p = 0,000$; por lo que se rechaza la H_{01} y acepta la H_{a1} .

Resumiendo, se tiene:

Tabla 16-4: Resultados de la prueba de hipótesis estadísticamente

SUBPRODUCTO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN	OBSERVACIÓN
Tronco de brócoli	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$
Hoja de zanahoria	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$
Chaqui Sara	P	H_{01} se acepta	$\mu \text{ mat similar } \mu \text{ cal}$
Hoja de chocho	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$
Hoja de maíz	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$
Hoja de camote	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$
Polvillo de quinua	P	H_{01} se acepta	$\mu \text{ mat similar } \mu \text{ cal}$
Hoja de plátano	$P <$	H_{01} se rechaza	$\mu \text{ cal} > \mu \text{ mat}$

Realizado por: Angélica Chugñay, 2016

Se observa que en los casos donde los métodos no son estadísticamente similares ocurre que los valores obtenidos por el método calorimétrico tienden a ser mayores que los que obtuvieron por estimación matemática; así se confirma visualmente en las gráficas de cajón. Los únicos casos donde ambos métodos pueden considerarse estadísticamente similares son en Chaqui Sara y polvillo de quinua.

Para analizar lo antes mencionado, los resultados del test de Welch aplicado a cada subproducto confirman que los valores de energía bruta por el método de estimación matemática son menores con respecto al calorimétrico teniéndose que:

- Para el caso tronco de brócoli el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 4,89 %.
- Para el caso hoja de zanahoria el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 5,59 %.
- Para el caso hoja de chocho el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 10,30 %.

- Para el caso hoja de maíz el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 5,81%.
- Para el caso hoja de camote el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 10,08 %.
- Para el caso hoja de plátano el método de estimación matemática presentan valores menores al calorimétrico en un 4,48 %.

Si bien corresponde a otros estudios el dilucidar las causas de este sesgo, algunas posibilidades a considerar son:

- Efecto del contenido de carbohidratos en alimentos de tipo harina
- Influencia de la composición en alimentos con contenido alto en extracto etéreo
- Alimentos con mayor cantidad de macronutrientes

CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis proximal de 44 muestras de 8 subproductos no convencionales agrícolas, obteniéndose resultados concordantes con la bibliografía consultada (JARRÍN A., Y ÁVILA S., 1993).
- Se encontraron alto contenido de cenizas en el tronco de brócoli, hoja de zanahoria y hoja de camote
- En el polvillo de quinua, chaqui sara y hoja de plátano se encontraron valores altos de extracto etéreo.
- Se determinó la energía bruta de 8 subproductos no convencionales agrícolas mediante el uso de una bomba calorimétrica marca IKA C 2000 con resultados concordantes a los referenciados en la bibliografía (JARRÍN A., Y ÁVILA S., 1993).
- Los valores de energía bruta de los 8 grupos de subproductos agrícolas, en ambos métodos, mostraron poseer una distribución de frecuencia de tipo normal, determinadas mediante el test de Anderson-Darling.
- Para la comparación de los datos obtenidos por los dos métodos se aplicó el test t de Welch, debido a la variabilidad de las varianzas de los grupos de datos.
- Los resultados de la aplicación del Test t de Welch indicaron que, los métodos de estimación matemática y calorimétrico únicamente pueden considerarse similares a nivel estadístico para los casos de la chaqui sara y del polvillo de quinua.
- Los resultados de la aplicación del Test t de Welch indicaron que los métodos de estimación matemática y calorimétrico no pueden considerarse similares a nivel estadístico para los casos de Tronco de brócoli, hoja de zanahoria, hoja de maíz, hoja de chocho, hoja de camote y hoja de plátano
- Los valores de energía bruta por el método de estimación matemática son menores en un, 4,89; 5,59; 10,30; 5,81; 10,08 y 4,48 % menores al calorimétrico en el tronco de brócoli, hoja de zanahoria, hoja de chocho, hoja de maíz, hoja de camote y hoja de plátano, respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones dentro de esta área a otros subproductos no convencionales agrícolas, con el fin de dar un valor agregado a estos y no ser desechados directamente al medio.
- Al momento de realizar el análisis químico proximal a las muestras de subproductos reducir el tamaño de partícula a 1 mm.
- Seguir medidas de seguridad y llevar puesto los equipos de protección personal al momento de realizar los análisis químicos.
- Se recomienda controlar la presión del oxígeno que se suministra a la bomba calorimétrica, esta debe ser de 20 bares aproximadamente.
- Se recomienda verificar la entrada del agua a la bomba calorimétrica cuya presión no debe sobrepasar de 1 atm.
- Realizar trabajos posteriores para analizar las causas del sesgo detectado entre los resultados de los métodos calorimétrico y de estimación matemática.
- Realizar estudios de la influencia de la composición bromatológica de los productos en el valor de energía bruta, tanto en el método calorimétrico como en el de estimación matemática.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AVILA S. y JARRÍN A.** *Composición química de los alimentos zootécnicos ecuatorianos*. 2^{da} edición: Editorial Cobos, 1993, pp. 75-114.
2. **AVILA S. y JARRÍN A.** *El valor nutritivo de las hojas secas del banano en la alimentación del ganado ovino*. 3^{ra} edición. Madrid: 1978, pp. 78.
3. **BADUI Salvador.** *Química de los alimentos*. 4^{da} edición. México, México: Editorial Pearson Educación S. A., 2006, pp. 25.
4. **BATRES Rodrigo.** *Comparación entre el método de estimación matemática y el método de calorimetría para determinar el contenido energético del subproducto de galleta y de panadería para la alimentación de cerdos en desarrollo.* .). (Tesis) [en línea] Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia. Guatemala. 2004. Pp. 4-13 [Consulta: 1 noviembre de 2015]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0940.pdf
5. **BLOCK L. y STEKOL W.** *Microbiología de los alimentos*. 2^{da} edición. Acribia: 1976, pp. 73-78.
6. **CAÑAS R., et al. Sapiens.** *Simulación de Sistemas Pecuarios*. [en línea], San José, Costa Rica: Editorial CIDIA, 1992, pp. 13-18. [Consulta: 5 diciembre de 2015]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8537e/A8537e.pdf>
7. **CARAVACA R., et al. Sapiens.** *Bases de la Producción Animal*. [en línea], España: 2005, pp. 305. [Consulta: 5 diciembre de 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=YQxTe3v1GqkC&pg=PA305&dq=energ%C3%ADa+de+un+alimento&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjXnuCdzLTJAhWDdR4KHZryAI0Q6AEIHZAB#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20de%20un%20alimento&f=false>
8. **DAUB W., et al. Sapiens.** *Química*, [en línea], México: Editorial Hispanoamericana, 8^{va} edición, 2006, pp. 70,71. [Consulta: 13 diciembre de 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=3V1KrFXwCsC&pg=PA70&dq=energ%C3%ADa+química&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjg96gk8HJAhXIqB4KHeOZDXkQ6AEIIDAB#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20química&f=false>

9. **DOMÍNGUEZ- PERLES et al. Sapiens.** Alimentación y sostenibilidad Aprovechamiento de los subproductos de brócoli en el sector industrial [en línea] [Consulta: 8 febrero de 2016]. Disponible en: <http://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/130304brocolisubproductos?e=8490508/3694691>
10. **JORDÁN Agustín,** *Comparación de dos grupos de datos.* [en línea][Consulta: 21 enero de 2015]. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/1027493/>
11. **KIRK Ronald, et al. Sapiens.** *Composición y análisis de alimentos de Pearson.* 9^{na} edición. México, México: Editorial Continental, 1996, pp. 9-42.
12. **LUNA Gustavo.** *Obtención de balanceado a partir de los desechos de maracuyá (Passiflora Edulis Variable Flavicarpa) para ganado vacuno.* (Tesis) [en línea] Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química. Quito- Ecuador. 2014. Pp. 20-26 [Consulta: 2 noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3778/1/T-UCE-0017-75.pdf>
13. **MILLER J. C. Y MILLER J. N.** *Estadística para Química Analítica.* 2^{da} edición. Londres, Inglaterra: editorial Addison Wesley Iberoamerican S. A., 1993, pp. 40-63.
14. **MILLER J. C. y MILLER J. N.** *Estadística y quiometría para Química Analítica.* 4^{da} edición. Madrid, España: Editorial Pearson Educación S. A., 2002, pp. 21-72.
15. **MORA I.** *Nutrición animal.* [en línea], San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2017, pp. 23. [Consulta: 23 diciembre de 2015]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=_K5VL2Z5aQwC&pg=PA23&dq=energ%C3%ADa+bruta+de+un+alimento&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9ivOHjcHJAhWGJh4KHRWuClSQ6AEIJTAC#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20bruta%20de%20un%20alimento&f=false
16. **MUTIS José.** Herbario virtual, chocho. [en línea] [Consulta: 8 febrero de 2016]. Disponible en: http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/concursos/expediciones_botanicas/ver_herbarios_p.php?id=944&id_p=5634

17. **PAULINA.** Hojas de zanahoria [en línea] [Consulta: 8 febrero de 2016]. Disponible en: <http://ecocosas.com/cocina-y-alimentos/hojas-de-zanahoria-como-usarlas-en-la-cocina/>
18. **RAMOS Eduardo.** *Prueba T – Welch* [en línea] [Consulta: 8 febrero de 2016]. Disponible en: http://www.ray-design.com.mx/psicoparaest/index.php?option=com_content&view=article&id=234:t-student-welch&catid=52:pruebaspara&Itemid=61
19. **RECIO Miñarro.** *Energía y formas de energía* [en línea] [Consulta: 2 febrero de 2016]. Disponible en: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/formas.htm
20. **RIVAS A.; & NICARAGUA C.** *Seminario para profesores de Zootecnia de escuelas Agrícolas de América Central.* Guatemala: Editorial CIDIA, 1973, pp. 85-86.
21. **SAMPIERI R., et al. Sapiens.** *Metodología de la Investigación.* 5^{ta} edición. Bogotá, Colombia: Editorial Mc Graw Hill, 2010, pp. 276-344.
22. **SKOOG D., et al. Sapiens.** *Fundamentos de química analítica.* 9^{na} edición. México, México: Editorial CENGAGE, PP. 280-342.
23. **ULLOA Nelson.** *Determinación del contenido de energía digestible del maíz y harina de alfalfa, en cerdos domésticos (Sus scrofa domesticus) y jabalíes (Sus scrofa L.).* (Tesis) [en línea] Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Valdivia- Chile. 2007. Pp. 38-43 [Consulta: 1 noviembre de 2015]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fau.42d/doc/fau.42d.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS PROXIMAL

Codificación de muestras

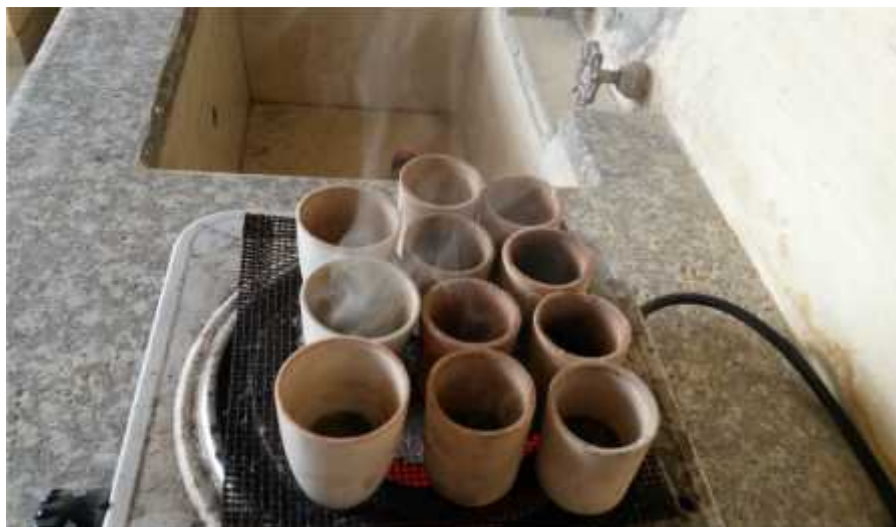


Determinación de humedad



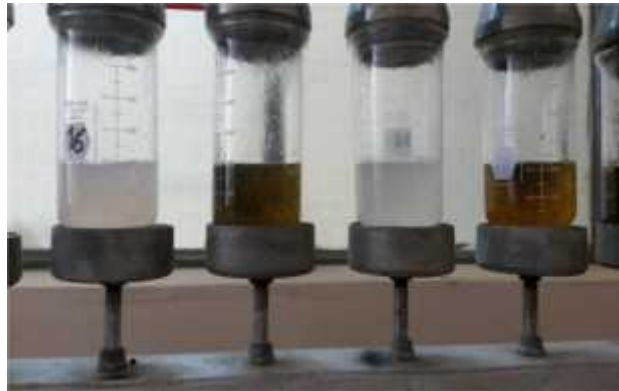


Determinación de Cenizas





Determinación de Fibra





Determinación de Grasa



Determinación de proteína

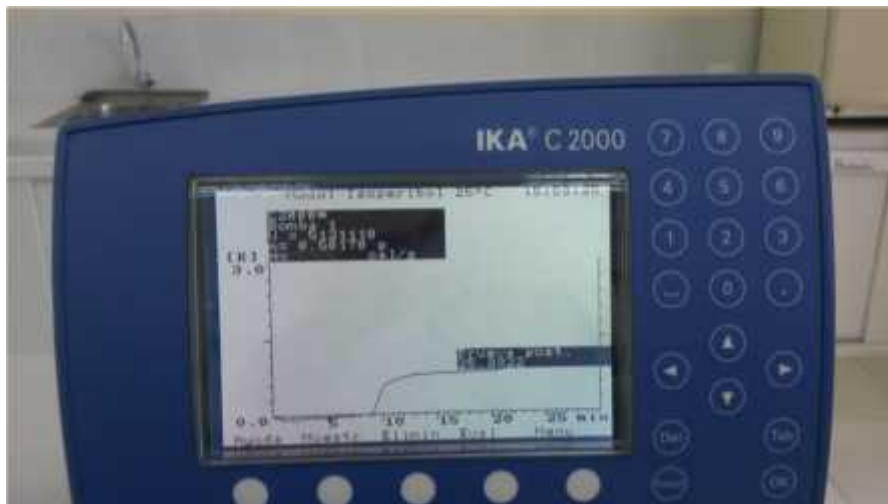






ANEXO B: DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA BRUTA EN LA BOMBA CALORIMÉTRICA







Lecturas de energía bruta en la bomba calorimétrica.

